

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 13.09.2023 17:26:27  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**  
**МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

Направление подготовки

**18.04.01 Химическая технология**

Программа магистратуры

**Химическая технология материалов и изделий электронной техники**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург

2020

**Б1.В.05**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Зав. кафедрой		Профессор Малыгин А.А.

Рабочая программа дисциплины «Разработка и проектирование технологических процессов микроэлектроники» обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники

протокол от \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2020 № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой

профессор А.А. Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2020 № \_\_\_\_

Председатель

доцент С.Г. Изотова

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Химическая технология»		доцент М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	05
3. Объем дисциплины.....	05
4. Содержание дисциплины .....	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины ....	06
4.3. Занятия лекционного типа.....	07
4.4. Занятия семинарского типа .....	09
4.4.1. Семинары, практические занятия .....	09
4.4.2. Лабораторные занятия.....	09
4.5. Самостоятельная работа.....	09
4.5.1 Темы курсовых проектов .....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	11
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	14
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	15
10.1. Информационные технологии .....	15
10.2. Программное обеспечение .....	15
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	15
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	15
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	15
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	16

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Для освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-1</b> Способен применять знания об основных типах материалов, применяемых в электронной технике, химических технологий их получения и модификации, обеспечивающих создания материалов и изделий электронной техники с заданными характеристиками	<b>ПК-1.5</b> Способность к совершенствованию технологических процессов создания материалов электронной техники, электровакуумных и полупроводниковых приборов	<b>Знать</b> физические и химические принципы, лежащие в основе процессов создания материалов электронной техники, электровакуумных и полупроводниковых приборов (ЗН-1).
<b>ПК-3</b> Способен строить и использовать модели для описания и прогнозирования характеристик материалов, осуществлять их качественный и количественный анализ, в том числе с использованием стандартных пакетов компьютерных программ и средств автоматизированного проектирования	<b>ПК-3.2</b> Способность проводить технологические и технические расчеты по проектам, технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проекта	<b>Уметь</b> рассчитывать технологические режимы основных процессов в производстве материалов и изделий электронной техники (У-1). <b>Владеть</b> системными подходами при проектировании технологических процессов и оборудования (Н-1).
<b>ПК-4</b> Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской, проектной и расчетно-аналитической деятельности в области технологии материалов электронной техники	<b>ПК-4.1</b> Способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство	<b>Знать</b> различные виды нормативно-технической документации (стандарты, ГОСТы, технические условия, технологические маршруты, операционные карты и др.) (ЗН-2).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Разработка и проектирование технологических процессов микроэлектроники" относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.В.05) и изучается на первом году обучения во 2 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных в ходе обучения по программам бакалавриата по направлению подготовки 18.03.01 при изучении курсов "Физика", "Физическая химия" и "Физическая химия твердого тела", а также курсов процессов и аппаратов химической технологии (различные виды стандартного оборудования химических производств, движение газа в слое сыпучего материала, химические реакторы), общей химической технологии (вопросы экологии, технологические схемы некоторых современных процессов), физической химии и технологии твердых веществ (поверхность твердых тел, химическая сборка материалов, оборудование молекулярного наслаивания, кинетика гетерогенных процессов), введение в технологию материалов электронной техники (характеристики материалов, используемых в электронной и вакуумной технике, процессы кристаллизации); физической электроники и электронных приборов.

Полученные в результате освоения дисциплины "Физическая химия наноразмерных твердых веществ" знания, умения и навыки могут быть использованы магистрантами при выполнении магистерских диссертаций по тематике, связанной с разработкой и внедрением наукоемких процессов, материалов и технологий, созданием функциональных или конструкционных наноматериалов и разработкой нанотехнологических процессов.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц / академических часов)	<b>4 / 144</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>70</b>
занятия лекционного типа	17
занятия семинарского типа, в т.ч.	34
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	34 (14)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	17
КСР	2
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>38</b>
<b>Формы текущего контроля</b>	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен (36)</b>

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение: основное содержание дисциплины и ее необходимость	1				ПК-1
2	Основные виды технологических процессов в микроэлектронике и электровакуумной технике	2	8		10	ПК-1
3	Основы проектирования химико-технологических процессов и оборудования в микроэлектронике	4	8		8	ПК-3
4	Проектирование оборудование и процессов при решении экологических вопросов в электронной промышленности	2	8		6	ПК-3
5	Вакуумное оборудование и вакуумные системы в производстве материалов и изделий электронной техники	6	10		10	ПК-3
6	Тенденции в развитии технологии и оборудования микроэлектроники и вакуумной техники	2			4	ПК-4
<b>ИТОГО</b>		<b>17</b>	<b>34</b>		<b>38</b>	

##### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-1.5	Введение: основное содержание дисциплины и ее необходимость Основные виды технологических процессов в микроэлектронике и электровакуумной технике
2	ПК-3.2	Основы проектирования химико-технологических процессов и оборудования в микроэлектронике Проектирование оборудование и процессов при решении экологических вопросов в электронной промышленности Вакуумное оборудование и вакуумные системы в производстве материалов и изделий электронной техники
3	ПК-4.1	Тенденции в развитии технологии и оборудования микроэлектроники и вакуумной техники

#### 4.3. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><b>Введение: основное содержание дисциплины и ее необходимость</b></p> <p>Необходимость кратко охарактеризовать основные виды технологических процессов в микроэлектронике и в производстве электровакуумных материалов и изделий; рассмотреть общие подходы и особенности при их проектирования с учетом отраслевой направленности; виды вакуумного оборудования, его расчет и проектирование; решение экологических проблем в микроэлектронике и проектирование с их учетом основных технологических процессов</p>	1	Лекция-беседа
2	<p><b>Основные виды технологических процессов в микроэлектронике и электровакуумной технике</b></p> <p>Общая технологическая схема производства интегральных схем. Групповая технология: диффузионное и ионное легирование полупроводниковых материалов; фотолитографические процессы и их виды; тонкопленочные вакуумные и проточные технологии. Вакуумное оборудование и вакуумные системы. Технология производства электровакуумных изделий.</p>	2	Лекция-беседа
3	<p><b>Основы проектирования химико-технологических процессов и оборудования в микроэлектронике</b></p> <p>Разработка технологической схемы производства: химическая, принципиальная и технологическая схемы процесса; примеры схем процессов.</p> <p>Компьютерное моделирование, масштабирование химико-технологических процессов и установок. Состав исходных данных при выдаче заданий на проектирование новых и усовершенствование существующих производств и оборудования.</p> <p>Объемно-планировочное решение производства: характеристика помещений, включаемых в состав производства, основные и вспомогательные производственные помещения, методы компоновки оборудования и помещений. Размещение технологического оборудования.</p> <p>Особенности организации НИОКР в микроэлектронике. Организационно - экономические вопросы создания и освоения производства материалов и изделий электронной техники.</p>	4	Лекция-беседа
4	<p><b>Проектирование оборудование и процессов при решении экологических вопросов в электронной промышленности</b></p> <p>Виды воздействий на окружающую среду загрязнений промышленных производств. Классификация промышленных отходов и возможные пути решения экологических проблем. Общие проблемы переработки отходов. Понятие безотходной и малоотходной технологии.</p>	2	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>Пути создания безотходных производств, исходные данные для проектирования. Экономическая эффективность безотходных технологий.</p> <p>Основные виды загрязнений в производстве материалов и изделий электронной техники. Пути повышения чистоты и экологической безопасности процессов на предприятиях электронной промышленности</p>		
5	<p><b>Вакуумное оборудование и вакуумные системы в производстве материалов и изделий электронной техники</b></p> <p>Виды вакуумных насосов, их классификация и принципы действия. Классификация вакуумных систем, их назначения и требования к ним. Расчет и проектирование вакуумных систем.</p>	6	
6	<p><b>Тенденции развития технологии и оборудования в производстве материалов и изделий электронной техники</b></p> <p>Микро- и наносистемная техника, нанотехнологии и наноматериалы в электронике и в производстве электровакуумных изделий; особенности нанотехнологий – междисциплинарность, универсальность. Особенности нанотехнологического оборудования и его проектирование.</p>	2	



#### 4.4. Занятия семинарского типа

##### 4.4.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
2	Расчет режимов диффузионных процессов в планарной технологии	4		
	Расчет процессов ионной имплантации	2		
	Получение тонких пленок термовакuumным испарением и методом катодного распыления	2		
3	Расчет аппаратов кипящего слоя для термохимической обработки сыпучих материалов	4		Групповая научная дискуссия
	Расчет оснастки и оборудования для повышения надежности приборов в процессе сборки, хранения и эксплуатации	4	2	Групповая научная дискуссия
4	Аппараты для защиты окружающей среды от пыли	4		
	Расчет и проектирование оборудования для газо- и водоподготовки	4	4	Групповая научная дискуссия
5	Проектирование и расчет трубопроводов вакуумных систем	2		
	Расчеты стационарных режимов вакуумных систем	4	4	
	Расчеты нестационарных режимов работы вакуумных систем	4	4	Групповая научная дискуссия

##### 4.4.2. Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены

##### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Рентгеновские трубки: устройство, производство	4	Устный опрос
	Оборудование для выращивания монокристаллов кремния	6	
3	Макрокинетика химических реакций в системе газ - твердое тело (области протекания взаимодействий, переход из одной области в другую, влияние размера и пористости частиц, скорости газового потока, концентрации реагентов).	4	Устный опрос
	Компоновка технологического оборудования в соответствии с требованиями вакуумной гигиены	2	
	Простейшие схемы автоматического контроля температуры, давления, расхода	2	

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
4	Типовое химико-технологическое оборудование (теплообменники, мешалки, аппараты высокого давления и др.)	2	Устный опрос
	Оборудование для получения защитных покрытий (химическое осаждение из газовой фазы, электрохимические методы и др.)	2	
	Оборудование газо- и водоподготовки	2	
5	Коммутирующие элементы вакуумных установок	2	Устный опрос
	Вакуумные системы общего назначения	4	
	Вакуумные системы специального назначения	2	
	Методы отыскания течи в вакуумных системах	2	
6	Оборудование туннельно-зондовой нанотехнологии	2	Устный опрос
	Особенности оборудования для ускоренного процесса молекулярного наслаивания	2	

#### 4.5.1 Темы курсовых проектов

1. Расчет и проектирование процессов и оборудования газоподготовки для различных процессов планарной технологии, молекулярного наслаивания (4 проекта).
2. Разработка технологического процесса производства интегральных схем (6 курсовых проектов по разным видам ИС).
3. Расчет и проектирование оборудования и оснастки для стабилизации газовой среды в приборах.
4. Оборудование для получения тонких пленок (катодное распыление, вакуумное испарение, химическое осаждение из газовой фазы, молекулярное наслаивание – 3 проекта).
5. Проектирование физико-термического оборудования для легирования полупроводниковых материалов (установки для изготовления диффузионных структур и ионного легирования – 3 проекта).
6. Расчет и проектирование различных типов вакуумных систем для процессов планарной технологии (вакуумные системы низкого, среднего, высокого, сверхвысокого вакуума – 6 различных видов курсовых проектов).

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

1. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К.Ежовский. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 106 с. (ЭБ)
2. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 64 с. (ЭБ)
3. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 74 с. (ЭБ)
4. Малыгин, А.А. Проблемно-целевое проектирование научного эксперимента в материаловедении функциональных наноматериалов: текст лекций / А.А.Малыгин. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. - 40 с. (ЭБ)
5. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: учебное пособие / Г.Л.Брусиловский, Н.А.Куликов, А.А.Малков и др. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 188 с. (ЭБ)

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («зачтено») освоения предусмотренных элементов компетенций. Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 2 семестра в виде защиты курсового проекта и экзамена в устной форме. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых на экзамене:

1. Диффузия в планарной технологии: физико-химические основы диффузионных процессов, вещества - диффузаны и требования к ним.
2. Разработка технологической схемы производства: химическая, принципиальная и технологическая схемы процесса.
3. Методы расчета процессов напыления в вакууме и катодного распыления. Технология эпитаксиальных слоев.
4. Классификация промышленных отходов и возможные пути решения экологических проблем. Общие проблемы переработки отходов. Понятие безотходной и малоотходной технологии. Пути создания безотходных производств, исходные данные для проектирования
5. Общие принципы проектирования вакуумных систем: основные требования, предъявляемые к вакуумным системам, выбор конструкционных материалов, элементная база и виды вакуумных систем.

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины**

### **а) печатные издания:**

1. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 с.
2. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 108 с.
3. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы/ А.А.Елисеев, А.В.Лукашин; под ред. Ю.Д.Третьякова. – Москва: Физматлит, 2010. – 456 с. - ISBN 978-5-9221-1120-1
4. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 64 с.

5. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 74 с.
6. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие / А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 109 с.
7. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие/ А.Г.Морачевский. - 2-е изд. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015. - 160 с. – ISBN 978-5-8114-1857-2
8. Научные основы нанотехнологий и новые приборы: учебник – монография / Р.Келсалл, А.Хэмли, М.Геогеган (ред.). - Долгопрудный: ИД Интеллект, 2011. – 528 с. - ISBN 978-5-91559-048-8
9. Новые подходы к проблеме зародышеобразования: Учебное пособие / О.В.Альмяшева и др.; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. - 79 с.
10. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: учебное пособие / Г.Л.Брусилковский, Н.А.Куликов, А.А.Малков и др.; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 188 с.
11. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы: Учебное пособие./ Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 365 с. - ISBN 978-5-94774-724-9
12. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / В.В. Старостин; Под ред. Л.Н.Патрикеева. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 431 с. - ISBN 978-5-94774-727-0
13. Фахльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б.Фахльман; под ред. Ю.Д. Третьякова, Е.А.Гудилина. - Пер. с англ. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 463 с. - ISBN 978-5-91559-029-7

#### **б) электронные издания:**

1. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Дьячков, П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок / П.Н.Дьячков. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 491 с. - ISBN 978-5-00101-842-1 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 108 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
4. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин; Министерство образования и

- науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 64 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
5. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 74 с. / СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
  6. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие / А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 109 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
  7. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий: учебное пособие / О.Л.Хасанов и др. - 3-е изд. - М.: Лаборатория знаний, 2020. - 270 с. – ISBN 978-5-00101-716-5 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
  8. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие / Е.Д.Мишина и др.; под ред. А.С.Сигова. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 187 с. – ISBN 978-5-00101-473-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
  9. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие/ А.Г.Морачевский. - 2-е изд. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015. - 160 с. – ISBN 978-5-8114-1857-2 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
  10. Новые подходы к проблеме зародышеобразования: Учебное пособие / О.В.Альмяшева и др.; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. - 79 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
  11. Раков, Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие / Э.Г.Раков. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 480 с. - ISBN 978-5-00101-741-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
  12. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: учебное пособие / Г.Л.Брусилковский, Н.А.Куликов, А.А.Малков и др.; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 188 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
  13. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы: Учебное пособие./ Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л.Дзидзигури. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 368 с. - ISBN 978-5-00101-474-4 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины**

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - [media.technolog.edu.ru](http://media.technolog.edu.ru)
2. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
3. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 039-2013. Магистратура. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2013.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 25 с.
2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.
3. СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.
4. СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2012.-СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 44 с.
5. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.
6. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.

В ходе лекционных занятий магистранту необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Провести проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

Аудиторная часть курса должна сопровождаться интенсивной самостоятельной работой магистрантов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет по всем разделам дисциплины. Планирование времени для изучения дисциплины необходимо осуществлять на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо в рамках внеаудиторной самостоятельной работы регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в разделе 7 настоящей программы. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения следующих разделов учебной дисциплины. Для расширения и углубления знаний по учебной дисциплине необходимо активно использовать информационные ресурсы сети Интернет.

Для работы на практических занятиях необходимы: проработка рабочей программы, уделив особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины, и конспектирование источников, а также изучение конспекта лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и просмотр рекомендуемой литературы.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 3 семестра в виде экзамена в устной форме (включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала). Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Представление лекционного материала и проведение практических занятий:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы**

1. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
2. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <http://elibrary.ru>

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Реализация программы учебной дисциплины не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеofilьмов по дисциплине.

Практические занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлениям подготовки 18.04.01 Химическая технология, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с "Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГТИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
"Разработка и проектирование технологических процессов микроэлектроники"**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Индекс компетенции</b>	<b>Содержание</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-1</b>	Способен применять знания об основных типах материалов, применяемых в электронной технике, химических технологий их получения и модификации, обеспечивающих создания материалов и изделий электронной техники с заданными характеристиками	промежуточный
<b>ПК-3</b>	Способен строить и использовать модели для описания и прогнозирования характеристик материалов, осуществлять их качественный и количественный анализ, в том числе с использованием стандартных пакетов компьютерных программ и средств автоматизированного проектирования	промежуточный
<b>ПК-4</b>	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской, проектной и расчетно-аналитической деятельности в области технологии материалов электронной техники	промежуточный



2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-1.5</b> Способность к совершенствованию технологических процессов создания материалов электронной техники, вакуумных и полупроводниковых приборов (ЗН-1).	Знает физические и химические принципы, лежащие в основе процессов создания материалов электронной техники, вакуумных и полупроводниковых приборов (ЗН-1).	Ответы на вопросы №№ 1-10 к экзамену	Имеет представления о физических и химических принципах, лежащих в основе процессов создания материалов электронной техники, вакуумных и полупроводниковых приборов	Знает физические и химические принципы, лежащие в основе процессов создания материалов электронной техники, вакуумных и полупроводниковых приборов	Знает и умеет использовать физические и химические принципы, лежащие в основе процессов создания материалов электронной техники, вакуумных и полупроводниковых приборов
<b>ПК-3.2</b> Способность проводить технологические и технические расчеты по проектам, технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проекта	Умеет рассчитывать технологические режимы основных процессов в производстве изделий электронной техники (У-1)	Ответы на вопросы №№ 11-22 к экзамену	Имеет представления о том, как рассчитывать технологические режимы основных процессов в производстве материалов и изделий электронной техники	Умеет рассчитывать технологические режимы основных процессов в производстве материалов и изделий электронной техники	Умеет рассчитывать технологические режимы основных процессов в производстве материалов и изделий электронной техники и применяет их на практике
	Владеет системными подходами при проектировании технологических процессов и оборудования (Н-1)	Ответы на вопросы №№ 23-33 к экзамену	Имеет представление о системных подходах при проектировании технологических процессов и оборудования	Умеет оценить необходимость применения системных подходов при проектировании технологических процессов и оборудования	Владеет и применяет системные подходы при проектировании технологических процессов и оборудования

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-4.1 Способность оценивать эффективность и новых технологий и внедрять их в производство	Знает различные виды нормативно-технической документации (стандарты, ГОСТы, технические условия, технологические маршруты, операционные карты и др.) (ЗН-2)	Ответы на вопросы №№ 34-43 к экзамену	Имеет представления о различных видах нормативно-технической документации (стандарты, ГОСТы, технические условия, технологические маршруты, операционные карты и др.)	Знает основные виды нормативно-технической документации (стандарты, ГОСТы, технические условия, технологические маршруты, операционные карты и др.)	Знает и применяет различные виды нормативно-технической документации (стандарты, ГОСТы, технические условия, технологические маршруты, операционные карты и др.)

Шкала оценивания соответствует СТО СПБГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме защиты КП и экзамена. Критерии оценивания – «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично» приведены в таблице 2.

Оценка «не удовлетворительно» ставится, если ответ студента не передает содержание проблемы, не демонстрирует умение выделять главное, существенное, ответ носит краткий, неглубокий, поверхностный характер.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1**

1. Общая технологическая схема производства полупроводниковых приборов: подготовительные процессы, групповая обработка, индивидуальная обработка.
2. Классификация материалы в элетронной технике и основные требования к ним.
3. Технологии легирования полупроводников и физико-термическое оборудование в производстве интегральных схем.
4. Диффузия в планарной технологии: физико-химические основы диффузионных процессов, вещества - диффузанты и требования к ним.
5. Способы проведения диффузии, двухстадийная диффузия, понятия «загонки» и «разгонки», схемы установок.
6. Физико-химические основы ионной имплантации, вещества - источники легирующих добавок.
7. Схема, принцип действия и основные узлы установки ионной имплантации.
8. Классификация методов получения тонких пленок: термовакuumное испарение, катодное, ионно-плазменное и магнетронное распыление, пиролитическое осаждение, газофазное химическое осаждение; схемы установок и принцип их действия
9. Технологии и типовое оборудование для получения тонких пленок.
10. Технология и оборудование для формирования изображения в планарной технологии.

#### **б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3:**

11. Разработка технологической схемы производства: химическая, принципиальная и технологическая схемы процесса.
12. Компьютерное моделирование, масштабирование химико-технологических процессов и установок.
13. Состав исходных данных при выдаче заданий на проектирование производств и оборудования
14. Методы расчета процессов ионной имплантации и диффузионного легирования: прямая и обратная задачи.
15. Методы расчета процессов напыления в вакууме и катодного распыления. Технология эпитаксиальных слоев.
16. Основные химико-технологические параметры процессов в микроэлектронике и вакуумной технике.
17. Приборы для измерения температуры, давления, количества и расхода, влажности.
18. Объемно-планировочное решение производства: характеристика помещений, включаемых в состав производства, основные и вспомогательные производственные помещения, методы компоновки оборудования и помещений. Размещение технологического оборудования.
19. Особенности организации НИОКР в микроэлектронике. Организационно-экономические вопросы создания и освоения производства материалов и изделий электронной техники.
20. Вопросы газо- и водоподготовки в технологии микроэлектронных устройств: виды используемых газов и их назначение, требования к газам, оборудование для осушки и очистки азота, кислорода, водорода, аргона, воздуха, чистые производственные помещения.
21. Методы, оснастка и оборудование для повышения надежности изделий электронной техники в процессе производства, хранения и эксплуатации: стабилизация газовой среды во внутреннем объеме герметичных изделий, влаго-, газопоглощающие материалы и патроны, методы их расчета и проектирования.
22. Природоохранные мероприятия в производстве материалов и изделий электронной техники.
23. Классификация промышленных отходов и возможные пути решения экологических проблем. Общие проблемы переработки отходов. Понятие безотходной и малоотходной технологии. Пути создания безотходных производств, исходные данные для проектирования

24. Основные виды загрязнений в производстве материалов и изделий электронной техники. Пути повышения чистоты и экологической безопасности процессов на предприятиях электронной промышленности. Особенности решения экологических проблем на предприятиях электронной промышленности.
25. Основные принципы проектирования химико-технологических процессов и оборудования при решении экологических проблем.
26. Оборудование для получения вакуума - вакуумные насосы.
27. Типовые вакуумные системы для основных процессов в производстве материалов и изделий электронной техники
28. Вакуумные системы основных процессов планарной технологии.
29. Классификация вакуумных насосов: основные виды и общие характеристики.
30. Простейшая вакуумная система. Основное уравнение вакуумной системы: вывод, основные определения и следствия.
31. Общие принципы проектирования вакуумных систем: основные требования, предъявляемые к вакуумным системам, выбор конструкционных материалов, элементная база и виды вакуумных систем.
32. Принципиальные схемы вакуумных установок для получения низкого, среднего, высокого и сверхвысокого вакуума. Примеры проектировочных расчетов, контроль работы вакуумных установок.
33. Вакууметрические приборы. Методы и оборудование для оценки герметичности вакуумных установок и отыскания течей.

**в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-4**

34. Перспективы развития технологии оборудования для получения тонких пленок.
35. Тенденции развития технологии и оборудования в производстве материалов и изделий электронной техники.
36. Основные требования, предъявляемые к современному оборудованию.
37. Основные принципы нанотехнологии, примеры различных видов нанотехнологических процессов.
38. Физико-химические основы нанотехнологии, технологические приемы и оборудование.
39. Установки и оборудование для проточного и вакуумного вариантов технологии химической сборки материалов и изделий электронной техники.
40. Химические основы нанотехнологии на принципах метода МН.
41. Оборудование для проточной, вакуумной и проточно-вакуумной технологии молекулярного наслаивания.
42. Установка молекулярно - лучевой эпитаксии, мос-гидридная нанотехнология.
43. Физические основы туннельно-зондовой нанотехнологии.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает билет с двумя вопросами из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

1. Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в СПбГТИ(ТУ) (Утв. Приказом ректора СПбГТИ(ТУ) от 12.12.2014 № 463).

2. СТО СПбГТИ 039-2013. Магистратура. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2013.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 25 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.