

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 13.09.2023 17:26:23  
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**  
**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ**  
**И ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

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.02**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Дополнительные главы технологии материалов и изделий электронной техники» 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 .....	08
4.4.1. Семинары, практические занятия .....	08
4.4.2. Лабораторные занятия.....	08
4.5. Самостоятельная работа.....	09
4.5.1. Темы курсовых работ .....	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	11
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	13
10.1. Информационные технологии .....	13
10.2. Программное обеспечение .....	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	14
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	14
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	15

## 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)
<p><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</p>	<p><b>ПК-1.2</b> Способность к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации в области технологических процессов и оборудования планарной тонкопленочной технологии</p>	<p><b>Знать:</b> основные технологические процессы и оборудование планарной тонкопленочной технологии (ЗН-1).</p>
	<p><b>ПК-1.3</b> Способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство</p>	<p><b>Знать:</b> требования к исходному сырью и материалам и характеристики целевых продуктов (ЗН-2).  <b>Уметь:</b> выдавать задания на проектирование технологических процессов и оборудования (У-1).  <b>Владеть:</b> системными подходами при проектировании технологических процессов и оборудования (Н-1)</p>
<p><b>ПК-2</b> Способен применять навыки экспериментальных исследований и диагностики материалов электронной техники, анализа процессов их производства, обработки и модификации</p>	<p><b>ПК-2.2</b> Способность организовывать и осуществлять физико-химический контроль материалов и изделий электронной техники</p>	<p><b>Знать:</b> методы контроля и испытаний исходного сырья и целевых продуктов и изделий (ЗН-3).  <b>Уметь:</b> осуществлять физико-химический и контроль и испытания материалов и изделий электронной техники (У-2).  <b>Владеть:</b> современными методами расчета технологических процессов и оборудования с использованием персонального компьютера (Н-2).</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Дополнительные главы технологии материалов и изделий электронной техники" относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.В.02) и изучается на первом году обучения в 1 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".

Полученные в результате освоения дисциплины 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>5 / 180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>76</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	-
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	36 (18)
курсовое проектирование (КР или КП)	18
КСР	4
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>77</b>
<b>Формы текущего контроля</b>	<b>-</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	<b>КР, экзамен (27)</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 дополнительных глав и их необходимость	2			1	ПК-1
2	Неорганические фоторезисты в литографических процессах	2		6	10	ПК-1
3	Процессы и оборудование химического осаждения из газовой фазы	2		12	18	ПК-1
4	Проточные технологии и оборудование в системе газ – твердое тело	4		12	14	ПК-2
5	Чистые комнаты и динамика их развития	2			12	ПК-2
6	Повышение надежности изделий электронной техники с применением сорбционных материалов	2		6	10	ПК-2
7	Тенденции развития технологии и оборудования в производстве материалов и изделий электронной техники	4			12	ПК-1
<b>ИТОГО</b>		<b>18</b>		<b>36</b>	<b>77</b>	

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

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-1.2	Введение: основное содержание дополнительных глав и их необходимость
2	ПК-1.3	Неорганические фоторезисты в литографических процессах Процессы и оборудование химического осаждения из газовой фазы Тенденции развития технологии и оборудования
3	ПК-2.2	Проточные технологии и оборудование в системе газ – твердое тело Чистые комнаты и динамика их развития Повышение надежности изделий электронной техники с применением сорбционных материалов

#### 4.3. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. Часы	Инновационная форма
1	<b>Введение: основное содержание дополнительных глав и их необходимость</b> Необходимость более подробно рассмотреть некоторые важные направления в технологии материалов и изделий электронной техники: группа процессов и оборудования химического осаждения из газовой фазы, взаимодействия в системе газ – слой сыпучего материала и аппаратурное оформление подобных процессов, проблемы повышения надежности изделий электронной техники и др.	2	Лекция-беседа
2	<b>Неорганические фоторезисты в литографических процессах</b> Явления, используемые в неорганических резистах, их виды, преимущества и недостатки, некоторые характеристики. Виды литографических процессов с применением неорганических фоторезистов	2	Лекция-беседа
3	<b>Процессы и оборудование химического осаждения из газовой фазы</b> Дополнительные разделы по видам покрытий, получаемым методом ХОГФ, химические реакции в зависимости от назначения покрытия, применение внешних физических воздействий (плазма, коронный разряд и др.)	2	Лекция-беседа
4	<b>Проточные технологии и оборудование в системе газ – твердое тело</b> Виды дисперсных основных и вспомогательных материалов в электронной технике. Взаимодействия при прохождении газа через слой сыпучего материала. Основные узлы установок проточного типа, их назначение и конструктивные особенности	4	Лекция-беседа
5	<b>Чистые комнаты и динамика их развития</b> Требования к материалам и изделиям электронной техники и их взаимосвязь с производственными помещениями. Основные виды и характеристики гермозон и динамика их развития	2	Лекция-беседа
6	<b>Повышение надежности изделий электронной техники с применением сорбционных материалов</b> Основные факторы, влияющие на надежность изделий электронной техники и пути их устранения. Сорбционные материалы, их виды и основные характеристики. Направления применения поглотителей при решении задач повышения надежности изделий в процессе хранения и эксплуатации	2	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. Часы	Инновационная форма
7	<b>Тенденции развития технологии и оборудования в производстве материалов и изделий электронной техники</b> Рассмотрены условия выполнения закона Мура при разработке материалов и изделий электронной техники. Роль нанотехнологии в создании новых материалов. Техничко-экономические особенности в развитии и организации процессов в электронике.	4	Лекция-беседа

#### 4.4. Занятия семинарского типа

##### 4.4.1. Семинары, практические занятия

Учебным планом не предусмотрены

##### 4.4.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в т.ч. на практическую под готовку	
2	Фотолиграфические процессы в планарной технологии Контактная фотолитография Прекционная фотолитогафия Рентгенолитография	6		Выполняется 1 лабораторная работа по выбору преподавателя
3	Химическая нанотехнология молекулярного наслаивания оксидных пленок в вакууме Технология получения резистивных пленок вакуумным испарением Технология получения пленок магнетронным распылением	12	12	Выполняются 2 лабораторные работы по выбору преподавателя
4	Модифицирование дисперсных материалов методом молекулярного наслаивания в реакторе проточного типа Весовой контроль процесса молекулярного наслаивания с весами Мак-Бена Синтез ванадийсодержащего силикагеля	12	12	Выполняются 2 лабораторные работы по выбору преподавателя
6	Индикатор влажности на основе ванадисодержащего силикагеля Адсорбционные свойства фосфорсодержащего силикашеля по отношению к парам воды	6	6	Выполняется 1 лабораторная работа по выбору преподавателя

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<b>Введение: основное содержание дополнительных глав и их необходимость</b> Основные процессы планарной технологии и их основные характеристики	1	устный опрос
2	<b>Массоперенос в процессах легирования и диффузии</b> Современные подходы в проектировании технологических процессов в микро- и нанoeлектронике Вопросы экологии в микро- и нанoeлектронике	10	устный опрос
3	<b>Процессы и оборудование для физического и химического осаждения пленок из газовой фазы</b> Физические методы получения тонких пленок: катодное распыление, вакуумное испарение, молекулярно-пучковая эпитаксия, МОС-гидридная нанотехнология, туннельно-зондовая нанотехнология	18	устный опрос
4	<b>Нанотехнология молекулярного наслаивания</b> Кинетические особенности процессов в системе газ-слой сыпучего материала Структурно-размерные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания и области их применения	16	устный опрос
5	<b>Золь-гель процессы и темплатный синтез</b> Темплатный синтез высокопористых материалов Темплатный синтез полимерных мембранных материалов	12	устный опрос
6	<b>Технология пленок Ленгмюра-Блоджетт</b> Получение гибридных органоорганических пленок Ленгмюра-Блоджетт	10	устный опрос
7	<b>Массоперенос в газопоглощающих вакуумных насосах</b> Классификация вакуумных насосов, основные схемы и принципы работы	10	устный опрос

##### 4.5.1. Темы курсовых работ

1. Полупроводниковые оксиды. Получение, свойства и применение.
2. Газотранспортные реакции и их использование в технологии особо чистых веществ и эпитаксиальных структур.
3. МОС-гидридная технология в производстве эпитаксиальных полупроводниковых структур.
4. Молекулярно-лучевая эпитаксия в развитии полупроводниковых наноструктур и сверхрешеток.
5. Выращивание монокристаллов в электронной технике.
6. Получение нитридов галлия и индия.
7. Карбид кремния, его получение и использование в электронике.
8. Технология и оборудование ионного легирования.
9. Установки и способы диффузионного легирования.
10. Установка катодного распыления, диодные схемы на постоянном токе и высокочастотные.
11. Технология и оборудование для химического осаждения пленок из газовой фазы.

12. Механическая обработка монокристаллов при получении полупроводниковых пластин
13. Установки ионного легирования полупроводниковых пластин с различным расположением основных узлов.
14. Установка молекулярного напыления.
15. Установки катодного распыления, триодная схема.
16. Установка магнетронного распыления.
17. Оборудование для получения пленок испарением в вакууме.
18. Оборудование для получения фотошаблонов и фотолитографии.
19. Установка ионного легирования, конструкция ускорительной трубки.
20. Разработка технологического процесса изготовления интегральных схем.
21. Установка для получения пленок Ленгмюра-Блоджетт.
22. Установка ионной имплантации и основные виды ионизационных источников.
23. Сканирующий туннельный и атомно-силовой микроскопы.
24. Чистые комнаты и оборудование газоподготовки.
25. Установка молекулярно-лучевой эпитаксии.

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

1. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного напыления: конспект лекций / А.А.Малыгин- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 74 с.
2. 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.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 184 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. Химическая диагностика материалов/ В.Г. Корсаков, М.М. Сычев, С.В. Мякин, Л.Б. Сватовская. - СПб., Изд-во ПГУПС, 2010. - 224 с.
5. Беляков, А.Б. Химические основы нанотехнологии твердофазных материалов различного назначения: Учебное пособие/ А.Б. Беляков, Е.В. Жариков, А.А. Малыгин. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.- 102 с.

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 1 семестра в виде защиты КР 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. Получение структур методом диффузии: физико-химические основы процесса, диффузаны, способы, оборудование, расчет.

2. Получение структур методом ионной имплантации: физико-химические основы процесса, основные узлы установки и их назначение, виды установок с разным взаимным расположением узлов, методы расчета.
3. Классификация методов получения тонких пленок (механические, физические, физико-химические, химические).

## **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. Беляков, А.Б. Химические основы нанотехнологии твердофазных материалов различного назначения: учебное пособие / А.Б.Беляков, Е.В.Жариков, А.А.Малыгин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2006. - 102 с.
3. Гусев, А.И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А.И.Гусев. - Москва: Физматлит, 2007. - 415 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8
4. 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
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. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: текст лекций / А.А.Малыгин, А.А.Малков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. - 71 с.
7. Неволин, В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К.Неволин. - Москва: Техносфера, 2006. - 159 с. - ISBN 5-94836-098-9
8. 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.; 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. - 183 с.
9. 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
10. 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
11. Суздаев, И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П.Суздаев. – Изд. 2-е испр. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОМ», 2009. – 592 с. - ISBN 978-5-397-00217-2
12. Химическая диагностика материалов/ В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин, Л.Б.Сватовская. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2010. - 224 с. - ISBN 978-5-7641-0254-2
13. Цао, Гочжун. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение / Г.Цао, Ин Ван; Пер. с англ. – Москва : Научный мир, 2012. - 520 с. - ISBN 978-5-91522-224-2

#### **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. 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.
4. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: текст лекций / А.А.Малыгин, А.А.Малков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. - 71 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
5. 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.
6. 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.
7. 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.; 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. - 183 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
8. 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 "Библиотек" 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) 020-2011. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. Общие требования к организации и проведению занятий./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2011.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.- 21 с.
4. 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.
5. 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.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 3 семестра в виде защиты КР и 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:

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 видеофильмов по дисциплине.

### **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  
"Дополнительные главы технологии материалов и изделий электронной техники"**

**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-2</b>	Способен применять навыки экспериментальных исследований и диагностики материалов электронной техники, анализа процессов их производства, обработки и модификации	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-1.2</b> Способность к поиску, обработке, анализу и систематизации научнотехнической информации в области технологических процессов и оборудования планарной тонкопленочной технологии	Знает основные технологические процессы и оборудование планарной тонкопленочной технологии (ЗН-1).	Ответы на вопросы №№ 1-7 к экзамену	Имеет представления об основных технологических процессах и оборудовании планарной тонкопленочной технологии.	Знает основные технологические процессы и оборудование планарной тонкопленочной технологии.	Знает и может применять основные технологические процессы и оборудование планарной тонкопленочной технологии.
<b>ПК-1.3</b> Способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство	Знает требования к исходному сырью и материалам и характеристикам целевых продуктов (ЗН-2).  Умеет выдавать задания на проектирование технологических процессов и оборудования (У-1).	Ответы на вопросы №№ 8-14 к экзамену  Ответы на вопросы №№ 15-24 к экзамену	Имеет представления о требованиях к исходному сырью и материалам и характеристикам целевых продуктов.	Знает требования к исходному сырью и материалам и характеристикам целевых продуктов.	Знает и применяет на практике требования к исходному сырью и материалам и характеристикам целевых продуктов.  Умеет формулировать и выдавать задания на проектирование 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)
	Владеет системными подходами при проектировании технологических процессов и оборудования (Н-1)	Ответы на вопросы №№ 25-31 к экзамену	Имеет представление о системных подходах при проектировании технологических процессов и оборудования	Владеет системными подходами при проектировании технологических процессов и оборудования	Владеет и умеет практически реализовывать системные подходы при проектировании технологических процессов и оборудования
<b>ПК-2.2</b> Способность организовывать и осуществлять физико-химический контроль материалов и изделий электронной техники	Знает: методы контроля и испытаний исходного сырья и целевых продуктов и изделий (ЗН-3).  Умеет осуществлять физико-химический контроль и испытания материалов и изделий электронной техники (У-2).	Ответы на вопросы №№ 32-35 к экзамену	Имеет представления о методах контроля и испытаний исходного сырья и целевых продуктов и изделий.	Знает методы контроля и испытаний исходного сырья и целевых продуктов и изделий.	Знает и умеет применять методы контроля и испытаний исходного сырья и целевых продуктов и изделий.
	Владеет современными методами расчета технологических процессов и оборудования с использованием персонального компьютера (Н-1).	Ответы на вопросы №№ 40-44 к экзамену	Имеет представление о современных методах расчета технологических процессов и оборудования с использованием персонального компьютера	Владеет современными методами расчета технологических процессов и оборудования с использованием персонального компьютера	Владеет и применяет на практике современные методы расчета технологических процессов и оборудования с использованием персонального компьютера

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме 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. Общие сведения о материалах электронной техники. Виды полупроводниковых материалов, подложек и основные требования к ним.
2. Современные проблемы химической технологии полупроводников и неорганических веществ.
3. Основные процессы планарной технологии и их назначение.
4. Получение структур методом диффузии: диффузенты, способы, оборудование.
5. Получение структур методом ионной имплантации: физико-химические основы процесса, основные узлы установки и их назначение, виды установок с разным взаимным расположением узлов, методы расчета.
6. Получение тонких пленок термическим испарением в вакууме: суть метода, состав оборудования, виды установок, основные характеристики, исходные данные для расчета.
7. Методы и оборудование для получения тонких пленок катодным распылением: суть метода, диодная схема (на постоянном токе и высокочастотная), распыление металлов и диэлектриков, расчет коэффициента катодного распыления.
8. Назначение литографических процессов в электронной технике.
9. Требования к фоторезистам, их виды, основные характеристики.
10. Неорганические фоторезисты и их преимущества и недостатки по сравнению с органическими.
11. Химические методы получения тонких пленок: основные способы и оборудование для химического осаждения пленок из газовой фазы.
12. Механизмы протекания процессов химического осаждения покрытий из газовой фазы.
13. Назначение физических воздействий в процессах химического осаждения из газовой фазы.
14. Виды дисперсных основных и вспомогательных материалов в электронной технике.
15. Взаимодействия при прохождении газа через слой сыпучего материала.
16. Классификация реакторов проточного типа.
17. Основные узлы установок проточного типа, их назначение и конструктивные особенности.
18. Реакторы с кипящим слоем: преимущества и недостатки.
19. Основные требования к чистым производственным помещениям.
20. Требования к материалам и изделиям электронной техники и их взаимосвязь с производственными помещениями.
21. Основные виды и характеристики гермозон и динамика их развития.
22. Основные факторы, влияющие на надежность изделий электронной техники и пути их устранения.
23. Направления применения поглотителей при решении задач повышения надежности изделий в процессе хранения и эксплуатации.
24. Адсорбенты, их основные характеристики и области применения в электронной технике.
25. Повышение надежности изделий электронной техники с применением адсорбентов.
26. Оборудование для получения материалов методом молекулярного наслаивания.
27. Принципы метода молекулярного наслаивания и его синтетические возможности.

28. Структурно-размерные эффекты в продуктах, полученных методом молекулярного наслаивания.
29. Оборудование для получения материалов ускоренным методом молекулярного наслаивания.
30. Пленки Ленгмюра-Блоджетт в электронной технике: основы процесса их получения,.
31. Химические методы получения тонких пленок осаждением из газовой фазы.

**б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-2:**

32. Суть процессов получения материалов золь-гель методом и темплатным синтезом.
33. Пленки Ленгмюра-Блоджетт в электронной технике: основы процесса их получения.
34. Триодная и магнетронная схемы, схема с автономным источником ионизации, основные узлы установок и их назначение, технологические характеристики установок,.
35. Схема установки Ленгмюра-Блоджетт и ее технологические характеристики.
36. Установка молекулярно-лучевой эпитаксии: модульная схема и основные характеристики.
37. Методы обработки результатов при исследовании процессов массопереноса.
38. Химическое осаждение тонких пленок с применением иницилирующих воздействий.
39. Сравнительный анализ методов получения тонких пленок.
40. Методы расчета процессов диффузионного легирования.
41. Методы расчета процессов катодного распыления.
42. Методы расчета процессов вакуумного испарения.
43. Перспектив выполнения закона Мура при разработке материалов и изделий электронной техники.
44. Техничко-экономические особенности в развитии и организации процессов в электронике

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает билет с 2 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.