

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 15.11.2023 13:22:51
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
« 24 » мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки
22.03.01 Материаловедение и технология материалов
Направленность программы бакалавриата
Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.ДВ.02.02

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент Л.А. Макарова

Рабочая программа дисциплины «Химическая технология электровакуумных материалов» обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники протокол от 15.04.2021 № 9

Заведующий кафедрой ХНиМЭТ

профессор А.А. Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов протокол от 20.05. 2021 № 8

Председатель

доцент С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Материаловедение и технологии материалов»		доцент Н.В. Захарова
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	07
4.3. Занятия лекционного типа	08
4.4. Занятия семинарского типа.....	10
4.4.1. Семинары, практические занятия	10
4.4.2. Лабораторные занятия	10
4.5. Самостоятельная работа.....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	12
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 бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-1 Способен применять знания об основных типах современных неорганических и гибридных материалов, способах их получения, подходах к выбору материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности</p>	<p>ПК-1.5 Построение квантово-химических моделей для описания и прогнозирования характеристик материалов с использованием стандартных пакетов компьютерных программ</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современный уровень электровакуумной техники и полупроводниковой микро- и нанотехнологии (ЗН-1); - особенности технологии материалов, используемых в современной электровакуумной технике, полупроводниковой микро- и нанoeлектронике (ЗН-2). <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разбираться в физико-химических процессах, происходящих в материалах электровакуумной техники при различных технологических обработках и строить квантово-химические модели процессов (У-1). <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современными методами исследования и контроля физико-химических свойств полупроводников (Н-1) - знаниями стандартных пакетов компьютерных программ (Н-2)
<p>ПК-4 Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в проектной и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов</p>	<p>ПК-4.3 Применение современных информационно-коммуникационных технологий и глобальных информационных ресурсов в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в области материаловедения и электровакуумной техники (ЗН-3). <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать современное специализированное программно-математическое обеспечение для решения задач приема, обработки и передачи информации и проведения исследований в области материаловедения (У-2). <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - программными средствами визуализации химических процессов, происходящих в материалах электровакуумной техники (Н-3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина " Химическая технология электровакуумных материалов" относится к части Блока 1 дисциплин (модулей) по выбору 2 образовательной программы бакалавриата, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.02.02) и изучается на 4 году обучения в 7 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении курсов информатики, математики, физики, общей и неорганической химии, физической химии, коллоидной химии, кристаллохимии и кристаллографии.

Полученные в процессе освоения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе студента бакалавриата, а также при выполнении ВКР по тематике, связанной с разработкой и инновационным внедрением наукоемких процессов, материалов и технологий, созданием наноматериалов и разработкой нанотехнологических процессов.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	5 / 180
Контактная работа с преподавателем:	80
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	—
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	36 (36)
курсовое проектирование (КР или КП)	—
КСР	8
другие виды контактной работы	—
Самостоятельная работа	55
Формы текущего контроля	—
Форма промежуточной аттестации	экзамен (45)

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Химические аспекты планарной технологии. Физические явления, характерные для полупроводников	4				ПК-1
2	Классификация полупроводниковых веществ. Особенности проявления полупроводниковых свойств веществ в различных агрегатных состояниях	4		4	10	ПК-1
3	Глубокая очистка полупроводниковых веществ	2		4		ПК-1
4	Методы определения следов примесей. Техника проведения анализа особо чистых веществ. Чувствительность методов химического анализа. Физические методы исследования состава полупроводниковых веществ	6		6	15	ПК-4
5	Химические процессы в технологии полупроводникового производства. Получение и свойства важнейших полупроводниковых материалов	6		6	15	ПК-1
6	Электровакuumные материалы, общая классификация, особенности строения	4		4		ПК-1
7	Металлы и сплавы, применяемые в электронной технике. Методы и оборудование напыления тонких пленок.	6		6	15	ПК-4
8	Методы обработки вакуумных деталей и узлов	4		6		ПК-1
ИТОГО		36		36	55	

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-1.5	<p>Химические процессы в технологии полупроводникового производства. Получение и свойства важнейших полупроводниковых материалов. Электровакуумные материалы, общая классификация, особенности строения</p> <p>Методы обработки вакуумных деталей и узлов. Глубокая очистка полупроводниковых веществ</p> <p>Влияние загрязнений на процессы глубокой очистки веществ. Коррозия конструкционных материалов.</p> <p>Создание технологической гигиены. Контроль влажности и запыленности газов.</p>
2	ПК-4.3	<p>Металлы и сплавы, применяемые в электронной технике. Методы и оборудование напыления тонких пленок.</p> <p>Химические аспекты планарной технологии. Физические явления, характерные для полупроводников</p> <p>Классификация полупроводниковых веществ. Особенности проявления полупроводниковых свойств веществ в различных агрегатных состояниях</p> <p>Методы определения следов примесей. Техника проведения анализа особо чистых веществ.</p> <p>Чувствительность методов химического анализа.</p> <p>Физические методы исследования состава полупроводниковых веществ</p>

4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p>Химические аспекты планарной технологии. Физические явления, характерные для полупроводников</p> <p>Особенности планарной технологии полупроводникового прибора. Обоснование необходимости глубокой очистки полупроводниковых и вспомогательных материалов, используемых в полупроводниковых производствах. Работы ученых в области создания методов получения, очистки и исследования особо чистых веществ.</p> <p>Электронно-дырочная проводимость, отрицательный температурный коэффициент термосопротивления. Термоэлектронная эмиссия, работа выхода. Эффективные термокатоды, автоэлектронная эмиссия. Фотопроводимость, выпрямительные эффекты, твердотельные выпрямители и усилители тока. Термосопротивление. Солнечные батареи. Фотосопротивление и счетчики излучения. Каталитические свойства полупроводников. Использование полупроводниковых материалов в технике люминесценции и катодолюминисценции.</p>	4	Лекция-беседа
2	<p>Классификация полупроводниковых веществ. Особенности проявления полупроводниковых свойств веществ в различных агрегатных состояниях</p> <p>Кристаллические, аморфные и жидкие полупроводники работы А.Ф.Иоффе, Р.Л.Мюллера и В.Т.Коломийца в области некристаллических полупроводников. Многообразие составов стеклообразных полупроводников. Особенности их синтеза. Физико-химические и электрофизические свойства стеклообразных полупроводников. Эффект переключения. Области применения стеклообразных полупроводников и перспективы их использования в ячейках памяти и тиристорной техники. Применимость выводов квантово-механической теории полупроводников к рассмотрению физических явлений в стеклообразных и жидких полупроводниках. Органические полупроводники. Интерметаллические соединения типа $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$. Изозлектронные ряды. Арсенид галлия, его получение и свойства. Антимонид индия. Области технического применения интерметаллических полупроводников.</p>	4	Лекция-беседа
3	<p>Глубокая очистка полупроводниковых веществ</p> <p>Чистые материалы и их свойства. Влияние глубины очистки на физические и химические свойства материалов. Затраты при получении и использовании особо чистых веществ. Стандарты и маркировка особо чистых веществ. ГОСТы и сертификаты. Марки важнейших полупроводниковых материалов: германия, кремния, арсенида галлия и антимонида индия</p>	2	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p>Методы определения следов примесей. Техника проведения анализа особо чистых веществ. Чувствительность методов химического анализа. Физические методы исследования состава полупроводниковых веществ</p> <p>Область применения классических методов анализа. Границы обнаружения примесей. Отбор микропробы. Посуда для анализа особо чистых веществ. Требования к помещениям. Люминесцентные методы анализа. Спектрохимический анализ. Плазменная фотометрия. Активационные методы анализа. Электрохимические методы анализа. Хроматография. Физические методы исследования состава полупроводниковых веществ.</p>	6	Лекция-беседа
5	<p>Химические процессы в технологии полупроводникового производства. Получение и свойства важнейших полупроводниковых материалов</p> <p>Германий – один из первых полупроводниковых материалов. Металлургия германия, особенности его очистки. Электрофизические свойства германия. Химические свойства германия и его соединений. Использование германия в полупроводниковой технике.</p> <p>Кремний. Методы его получения и металлургия. Водородные соединения и галогенопроизводные кремния. Получение и свойства тетрахлорида кремния. Процесс эпитаксиального наращивания кремния и его аппаратное оформление. Кислородные соединения кремния и их роль в планарной технологии изготовления интегральных схем на кремнии.</p>	6	Лекция-беседа
6	<p>Электровакuumные материалы, общая классификация, особенности строения</p> <p>Основные характеристики электровакuumных материалов, тепловые и механические свойства. Диэлектрик в электрическом поле. Диэлектрические потери, электропроводность, радиационные свойства</p>	4	Лекция-беседа
7	<p>Металлы и сплавы, применяемые в электронной технике. Методы и оборудование напыления тонких пленок</p> <p>Металлы и сплавы, применяемые в электронной технике. Классификация, физико-химические свойства. Адгезионные свойства. Припои. Физико-химические основы взаимодействия диэлектриков с металлами. Методы оценки адгезионной прочности.</p> <p>Методы формирования металлических пленочных покрытий, химические методы осаждения металлов. Методы и оборудование напыления тонких пленок, плазменное и плазменно-химическое, вакуумное (катодное, магнетронное) напыление</p>	6	Лекция-беседа
8	<p>Методы обработки вакуумных деталей и узлов.</p> <p>Химическая обработка, вакуумный и водородный обжиг</p>	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 подготовку	
2	Исследование физико-химических и электрофизических свойств тонкопленочных материалов (толщины, пористости, термостойкости, проводимости, пробивного напряжения, зарядовых явлений в разнообразных структурах типа металл – диэлектрик полупроводник)	4	4	Разбор конкретных ситуаций
3	Подготовка поверхности полупроводника перед нанесением на нее стабилизирующих, изолирующих, проводящих и защитных пленок	4	4	
4	Овладение навыками проведения процессов фотогравировки по пленкам различных материалов	6	6	
5	Методы и оборудование напыления тонких пленок: плазменное, плазменно-химическое, вакуумное напыление (катодное, магнетронное)	6	6	Разбор конкретных ситуаций
6	Исследование физико-химических и механических свойств, полученного металлокерамического узла.	4	4	
7	Методы формирования металлических пленочных покрытий, химические методы осаждения металлов	6	6	
8	Химическая обработка, вакуумный и водородный обжиг	6	6	

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	<p>Химические аспекты планарной технологии. Физические явления, характерные для полупроводников</p> <p>Электронно-дырочная проводимость, отрицательный температурный коэффициент термосопротивления. Термоэлектронная эмиссия, работа выхода. Эффективные термокатоды, автоэлектронная эмиссия.</p>	10	КСР
4	<p>Методы определения следов примесей. Техника проведения анализа особо чистых веществ. Чувствительность методов химического анализа. Физические методы исследования состава полупроводниковых веществ</p> <p>Область применения классических методов анализа. Границы обнаружения примесей. Отбор микропробы. Посуда для анализа особо чистых веществ. Требования к помещениям. Люминесцентные методы анализа. Спектрохимический анализ. Плазменная фотометрия. Активационные методы анализа. Электрохимические методы анализа. Хроматография. Физические методы исследования состава полупроводниковых веществ.</p>	15	КСР
5	<p>Электроракуумные материалы, общая классификация, особенности строения</p> <p>Основные характеристики электроракуумных материалов, тепловые и механические свойства. Диэлектрик в электрическом поле. Диэлектрические потери, электропроводность, радиационные свойства</p>	15	КСР
7	<p>Металлы и сплавы, применяемые в электронной технике. Методы и оборудование напыления тонких пленок.</p> <p>Классификация, физико-химические свойства. Адгезионные свойства. Припой. Физико-химические основы взаимодействия диэлектриков с металлами. Методы оценки адгезионной прочности. Методы формирования металлических пленочных покрытий, химические методы осаждения металлов. Методы и оборудование напыления тонких пленок, плазменное и плазменно-химическое напыление, вакуумное напыление (катодное и магнетронное напыление).</p>	15	КСР

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.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.– 108 с. (ЭБ)
2. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин.- СПб: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 74 с.
3. 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.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 184 с.
4. Ежовский Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие/ Ю.К.Ежовский, А.А. Малыгин.– СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 45 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 («удовлетворительно») 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 7 семестра в виде экзамена в устной форме. Экзамен предусматривает 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. Полупроводниковые материалы. Химические аспекты планарной технологии. Основные направления использования в технике.
2. Физические явления, протекающие в полупроводниковых материалах.
3. Создание и соблюдение технологической гигиены. Контроль влажности и запыленности газов.
4. Влияние структурных дефектов на электрофизические свойства полупроводников и полупроводниковых приборов.

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины а) печатные издания:

1. 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.
2. Гусев, А.И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А.И.Гусев. - Москва: Физматлит, 2007. - 415 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8
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.

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. Нанотехнологии в электронике / Под ред. Ю.А.Чаплыгина. - Москва: Техносфера, 2005. - 446 с. - ISBN 5-94836-059-8
6. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г.Рамбиди, А.В. Березкин. - Москва: Физматлит, 2009. – 454 с. - ISBN 978-5-9221-0988-8
7. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника: учебник для вузов / Л.Н. Розанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 391 с. - ISBN 978-5-06-005521-4
8. 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
9. 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
10. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов / Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев. - Москва: Изд-во МГУ, Наука, 2006. - 400 с. - ISBN 5-211-06045-8
11. 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
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.

б) электронные издания:

1. 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: 15.03.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. 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: 15.03.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
3. 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: 15.03.2021). - Режим доступа: по подписке.
4. Нанoeлектроника. Теория и практика / В.Е.Борисенко, А.И.Воробьева, А.Л.Данилюк, Е.А.Уткина. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 369 с. - ISBN 978-5-00101-732-5 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.05.2021). - Режим доступа: по подписке.
5. Шишкин, Г.Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства: учебное пособие / Г.Г.Шишкин, И.М.Агеев. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 411 с. - ISBN 978-5-

00101-731-8 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.03.2021). - Режим доступа: по подписке.

6. 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. - 188 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.03.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - 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»
4. Библиотека eLIBRARY - www.elibrary.ru

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 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. 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.
4. 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.
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 студенту необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать 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 студентов 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 виде экзамена в устной форме (7 семестр). Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает по 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин. 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, виртуальных лабораторий и баз данных;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Представление лекционного материала
ОС – не ниже MS Windows XP SP3
MS PowerPoint 97 и выше

Проведение лабораторного практикума:
ОС – не ниже MS Windows XP SP3

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 25 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.

Лабораторные занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам/

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 направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, 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
"Химическая технология электровакуумных материалов"**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способен применять знания об основных типах современных неорганических и гибридных материалов, способах их получения, подходах к выбору материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности.	промежуточный
ПК-4	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в проектной и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов	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)
ПК-1.5 Построение квантово-химических моделей для описания и прогнозирования характеристик материалов с использованием стандартных пакетов компьютерных программ	Знает современный уровень электровакуумной техники и полупроводниковой микро- и нанотехнологии (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №№ 1-7 к экзамену	Приводит с ошибками и/или не в полной мере знания о современном уровне электровакуумной техники и полупроводниковой микро- и нанотехнологии	Приводит с незначительными неточностями знания о современном уровне электровакуумной техники и полупроводниковой микро- и нанотехнологии	Знает в полной мере современный уровень электровакуумной техники и полупроводниковой микро- и нанотехнологии
	Знает особенности технологии материалов, используемых в современной электровакуумной технике, полупроводниковой микро- и нанотехнологии (ЗН-2).	Правильные ответы на вопросы №№ 8-12 к экзамену	Слабо ориентируется в основных особенностях технологии материалов, используемых в современной электровакуумной технике, полупроводниковой микро- и нанотехнологии	Приводит с незначительными неточностями основные особенности технологии материалов, используемых в современной электровакуумной технике, полупроводниковой микро- и нанотехнологии	Знает в полной мере основные особенности технологии материалов, используемых в современной электровакуумной технике, полупроводниковой микро- и нанотехнологии
	Умеет разбираться в физико-химических процессах, происходящих в материалах электровакуумной техники при различных технологических обработках и строить квантово-химические модели процессов. (У-1)	Правильные ответы на вопросы №№ 13-20 к экзамену	Путается в физико-химических процессах, происходящих в материалах электровакуумной техники при различных технологических обработках и строить квантово-химические модели процессов.	Разбирается с незначительными ошибками в физико-химических процессах, происходящих в материалах электровакуумной техники при различных технологических обработках и строить квантово-химические модели процессов.	Разбирается в физико-химических процессах, происходящих в материалах электровакуумной техники при различных технологических обработках и строить квантово-химические модели процессов.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Владеет современными методами исследования и контроля физико-химических свойств полупроводников (У-2)	Правильные ответы на вопросы №№ 21-28 к экзамену	Имеет слабые навыки владения методиками проведения квантово-химических расчетов, специализированным программным обеспечением	Владеет методиками проведения квантово-химических расчетов, специализированным программным обеспечением, но допускает незначительные ошибки	Уверенно владеет методиками проведения квантово-химических расчетов, специализированным программным обеспечением
	Владеет знаниями стандартных пакетов компьютерных программ (Н-1).	Правильные ответы на вопросы №№ 29-35 к экзамену	Имеет слабые навыки владения стандартными пакетами компьютерных программ	Владеет с незначительными ошибками знаниями стандартных пакетов компьютерных программ	Владеет знаниями стандартных пакетов компьютерных программ
ПК-4.3 Применение современных информационно-коммуникационных технологий и глобальных информационных ресурсов в профессиональной деятельности	Знает современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в области материаловедения и электровакуумной техники (ЗН-3).	Правильные ответы на вопросы №№ 36-42 к экзамену	Слабо ориентируется в современных информационно-коммуникационных технологиях, глобальных информационных ресурсах в области материаловедения и электровакуумной техники	Знает с незначительными неточностями современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в области материаловедения и электровакуумной техники	Знает в полной мере современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в области материаловедения и электровакуумной техники

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Умеет использовать современное специализированное программно-математическое обеспечение для решения задач приема, обработки и передачи информации и проведения исследований в области материаловедения (У-3).	Правильные ответы на вопросы №№ 43-47 к экзамену	Путается при решении задач и использовании современного специализированного программно-математического обеспечения для решения задач приема, обработки и передачи информации и проведения исследований в области материаловедения	Умеет с незначительными ошибками использовать современное специализированное программно-математическое обеспечение для решения задач приема, обработки и передачи информации и проведения исследований в области материаловедения	Умеет точно и без ошибок использовать современное специализированное программно-математическое обеспечение для решения задач приема, обработки и передачи информации и проведения исследований в области материаловедения
	Владеет программными средствами визуализации химических процессов, происходящих в материалах электровакуумной техники (Н-2).	Правильные ответы на вопросы №№ 48-51 к экзамену	Имеет слабые навыки владения программными средствами визуализации химических процессов, происходящих в материалах электровакуумной техники	Владеет программными средствами визуализации химических процессов, происходящих в материалах электровакуумной техники	Уверенно владеет программными средствами визуализации химических процессов, происходящих в материалах электровакуумной техники

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

Оценка «отлично» ставится, если ответ студента отличается последовательностью, логикой изложения, учащийся демонстрирует глубину владения представленным материалом, ответы формулируются аргументировано, обосновывается собственная позиция в проблемных ситуациях. Оценка «хорошо» ставится, если студент демонстрирует полное знание учебно-программного материала, показывает систематический характер знаний по дисциплине и способность к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности, при этом в ответе возможны погрешности, самостоятельно устраняемые студентом. Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент демонстрирует знания основного учебно-программного материала в объеме, минимально необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, при этом допускает погрешности в ответе на экзамене, но обладает знаниями для их устранения под руководством преподавателя

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

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

1. Полупроводниковые материалы. Химические аспекты планарной технологии. Основные направления использования в технике.
2. Физические явления, протекающие в полупроводниковых материалах.
3. Электронно-дырочная проводимость, отрицательный температурный коэффициент термосопротивления.
4. Классификация полупроводниковых веществ.
5. Особенности проявления полупроводниковых свойств веществ в различных агрегатных состояниях.
6. Элементарные полупроводники и их положение в периодической системе Д.И. Менделеева.
7. Кристаллические, аморфные и жидкие полупроводники. Стеклообразные полупроводники.
8. Типы химических связей в полупроводниковых соединениях. Интерметаллические полупроводники.
9. Различные определения понятия «чистое вещество». Техника проведения анализа особо чистых веществ. Примеси и их виды.
10. Физические методы исследования состава полупроводниковых материалов. Чувствительность различных методов химического анализа.
11. Важнейшие кристаллизационные способы очистки полупроводниковых веществ. Нормальная направленная кристаллизация, вытягивание из расплавов, зонная плавка.
12. Особенности процесса зонной плавки. Распределение примесей по длине слитка при зонной перекристаллизации.
13. Методы выращивания монокристаллов. Метод Чохральского, метод «плавающего тигля», метод Бридтмена.
14. Методы выращивания монокристаллов. Горизонтальная зонная плавка. Выращивание монокристаллов из газовой среды.
15. Поверхностный заряд, причины возникновения. Поверхностный изгиб зон, связь изгиба зон и плотности поверхностного заряда, Поверхностная проводимость.
16. Свойства реальной поверхности (поверхность с тонким естественным окислом).
17. Граница раздела полупроводник-диэлектрик и ее свойства.
18. Электрофизические свойства SiO_2 . Методы получения ДП структур.
19. Влияние инверсного слоя на обратную вольт-амперную характеристику, длинный и короткий канал.
20. Скорость поверхностной рекомбинации, ее зависимость от изгиба зон.
21. Свойства контакта металл-полупроводник.
22. Влияние поверхности на пробой p-n перехода.
23. Влияние поверхности на параметры полевых транзисторов с изолирующим затвором.
24. Влияние свойств поверхности полупроводника на параметры диодов.
25. Паразитные связи в ИС, обусловленные поверхностными эффектами.
26. Структурные дефекты в полупроводниках.
27. Электровакуумные материалы, общая классификация, особенности строения.
28. Тепловые, механические и диэлектрические свойства электровакуумных материалов. Радиационные свойства.
29. Общие представления о физике поверхности, электронная структура поверхности твердого тела.
30. Влияние технологических факторов на эффективность зонной плавки. Предельное распределение примесей по длине слитка при зонной перекристаллизации.
31. Аппаратурное оформление кристаллизационных методов очистки. Бестигельная зонная плавка.
32. Выбор уровня интеграции монокристаллических ИС. Физические, технологические, конструк-

тивные ограничения.

33. Влияние примесей на электрофизические свойства полупроводников и полупроводниковых приборов.
34. Влияние структурных дефектов на электрофизические свойства полупроводников и полупроводниковых приборов.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-4

35. Чистые материалы и их свойства. Стандарты и маркировка чистых веществ. Марки важнейших полупроводниковых материалов.
36. Влияние внешних загрязнений на процессы глубокой очистки полупроводниковых материалов. Коррозия конструкционных материалов.
37. Получение и свойства воды высокой частоты.
38. Химические аспекты технологии резки, шлифовки и полировки полупроводниковых кристаллов.
39. Химическое и электрохимическое полирование полупроводниковых материалов. Селективное и анизотропное травление.
40. Металлы и сплавы, применяемые в электронной технике. Классификация, физико-химические свойства. Адгезионные свойства. Методы оценки адгезионных свойств.
41. Создание и соблюдение технологической гигиены. Контроль влажности и запыленности газов.
42. Припои. Физико-химические основы взаимодействия диэлектриков с металлами
43. Электрохимическое осаждение металлов и подготовка поверхности изделий перед гальваническими покрытиями.
44. Обоснование необходимости глубокой очистки полупроводниковых веществ. Методы определения следов примесей.
45. Интерметаллические соединения типа $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$. Изоэлектронные ряды.
46. Арсенид галлия, его получения и свойства. Антимонид индия.
47. Германий, получение и свойства.
48. Кремний, получение и свойства.
49. Методы формирования металлических пленочных покрытий, химические методы осаждения металлов.
50. Методы и оборудование напыления тонких пленок, плазменное и плазменно-химическое напыление, вакуумное напыление.
51. Методы обработки керамических вакуумных деталей и узлов. Химическая обработка, вакуумный и водородный обжиг.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает 2 вопроса 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(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 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.