

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 15.11.2023 13:22:50
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 НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСИСТЕМ

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность образовательной программы

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

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Химическая технология наноматериалов и наносистем»
обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной
техники

протокол от 19.04.2021 № 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 направления «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	10
4.3. Занятия лекционного типа	12
4.4. Занятия семинарского типа.....	19
4.4.1. Семинары, практические занятия	19
4.4.2. Лабораторные занятия	20
4.5. Самостоятельная работа.....	21
4.5.1 Темы курсовых работ.....	22
4.5.2 Тема курсового проекта и этапы его выполнения	23
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	24
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	25
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	25
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	27
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	28
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	28
10.1. Информационные технологии	28
10.2. Программное обеспечение.....	28
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	28
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	28
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	28
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	30

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-1.2 Способность проводить анализ сырья, материалов, а также осуществлять их выбор для заданных условий в области материаловедения и применяемой технологии с учетом необходимых требований</p>	<p>Знать: физико-химические свойства современных неорганических и гибридных материалов, применяемых в области материаловедения (ЗН-1) Уметь: осуществлять выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом необходимых требований (У-1).</p>
<p>ПК-3 Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, способах обработки композиционных и иных материалов, методах контроля качества на этапах получения изделий.</p>	<p>ПК-3.1 Способность использовать на практике знания о наноматериалах, наносистемах и областях их применения в современных приборах, оборудовании и технологиях</p>	<p>Знать: используемое оборудование для реализации различных технологий при создании наноматериалов и наносистем (ЗН-2). Уметь: проводить экспериментальные исследования с использованием технологического оборудования, обеспечивать комплексный контроль производства наноструктурированных материалов (У-2). Владеть: - методами контроля и качества на всех этапах получения наноматериалов и наносистем (Н-1). - методическими приемами реализации технологических процессов (Н-2).</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Химическая технология наноматериалов и наносистем" относится к части Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.03) и изучается на 3 (5 и 6 семестры) и 4 (7 семестр) курсах обучения.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученные при изучении таких дисциплин, как "Физика", "Общая и неорганическая химия", "Аналитическая химия и физико-химические методы анализа", "Физическая химия". "Процессы и аппараты химической технологии".

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	12 / 432
Контактная работа с преподавателем:	224 (38+96+90)
занятия лекционного типа	104 (36+32+36)
занятия семинарского типа, в т.ч.	16 (0+16+0)
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	16 (0+16+0)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	68 (0+32+36)
курсовое проектирование (КР или КП)	34 (0+16+18)
КСР	2 (2+0+0)
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	136 (34+12+90)
Формы текущего контроля	
Форма промежуточной аттестации	Зачет – 5 семестр (5 час.) Экзамен - 6 семестр (31 час.) Экзамен – 7 семестр (36 час.) КР

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	Вводная лекция: основные задачи дисциплины и ее содержание.	2				ПК-1
2	Основные понятия нанотехнологии, наноматериалы, наносистемы. Классификация направлений и материалов электронной техники, п/п подложки, требования к ним, общая схема производства ИС.	4			3	ПК-1
3	Получение и механическая обработка монокристаллов, критерии оценки поверхности монокристаллов	2			5	ПК-1
4	Оборудование, реагенты и процессы для диффузионного легирования, основы расчета диффузионных структур.	4	2		6	ПК-3
5	Ионная имплантация, характеристики процесса, оборудование, основы расчета	4	8		3	ПК-3
6	Назначение литографических процессов в планарной технологии. Органические фоторезисты, их виды и требования к ним. Фотошаблоны и их изготовление. Фото-литографическая линейка, оптическая и проекционная фотолитография.	4	6		4	ПК-1
7	Тенденции в развитии литографических методов. Неорганические фоторезисты. Нанолитография.	2	16		4	ПК-1
8	Классификация методов получения тонких пленок. Вакуумные тонкопленочные технологии.	4			4	ПК-1 ПК-3
9	Основные виды нанотехнологических процессов, их классификация, виды наноматериалов и наносистем. Процессы и оборудование для получения наноматериалов химическим осаждением из газовой фазы.	4			2	ПК-1 ПК-3

№ 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		
10	Газофазные нанотехнологии: молекулярно-лучевая эпитаксия, МОС-гидридная технология, МЛЭ-МОС процесс, обработка остро сфокусированным пучком ионов. Нанотехнология на принципах метода молекулярного наслаивания. Размерные эффекты и наноматериалы, полученные методом молекулярного наслаивания.	6			3	ПК-1 ПК-3
Итого в 5 семестре		36			34	
11	Жидкофазные нанотехнологии: золь-гель процессы, получение пленок Ленгмюра – Блоджетт. Комбинированные нанотехнологии: темплатный синтез, принц-технология, твердофазный синтез полипептидов по Меррифилду. Сканирующая зондовая микроскопия, сканирующий туннельный и атомно-силовой микроскопы. Туннельно-зондовая нанотехнология.	4		8	4	ПК-1 ПК-3
12	Газы и вода в электронной технике, требования к ним, виды, области применения, оборудование газо- и водоподготовки, чистые комнаты.	6	6	4	2	ПК-1 ПК-3
13	Контрольно - измерительное и испытательное оборудование в электронной и вакуумной технике.	4			2	ПК-3
14	Конструкционные материалы, классификация, области применения в электронной технике. Особенности проектирования процессов и оборудования и решения экологических проблем в микроэлектронике.	4			2	ПК-1
15	Понятие вакуума, этапы развития вакуумной техники, основные постулаты в физике вакуума, основные молекулярно-кинетические представления применительно к вакуумной технике. Основные газовые законы, режимы течения газов, длина свободного пробега молекулы, понятия о степенях вакуума.	6	4	4		ПК-1

№ 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		
16	Основные процессы планарной технологии и их перспективы применения в нанотехнологии: легирование, вакуумные технологии тонких пленок.	4	4	8		ПК-1 ПК-3
17	Перспективные области применения наноматериалов, синтезированных методом молекулярного наслаивания.	4	2	8	2	ПК-1
Итого в 6 семестре		32	16	32	12	
18	Классификация вакуумных насосов, простейшая вакуумная система, основные характеристики и уравнение вакуумной системы, следствия из него. Основные характеристики вакуумных насосов.	4		12	12	ПК-3
19	Объемная откачка: принципы, диаграмма объемной откачки, реальная быстрота объемной откачки. Конструкции объемных насосов (пластинчато-роторный, пластинчато-статорный, двухступенчатые, и др.), основные характеристики, рабочие жидкости и требования к ним, ловушки, их виды и принцип действия. Двухроторный насос Рутса: принцип действия, схема, основные характеристики. Расчет быстроты откачки объекта.	6		8	12	ПК-3
20	Молекулярная откачка: принципы, виды насосов и их характеристики.	4			12	ПК-3
21	Струйная откачка: принципы, виды насосов и их характеристики.	4			12	ПК-3
22	Газопоглощающие насосы: виды насосов и их характеристики.	6			12	ПК-1 ПК-3
23	Вакуумметрические приборы: основное назначение, классификация. Манометр Мак-Леода: принцип действия, схема, основные характеристики. Термопарный вакуумметр, ионизационные вакуумметры: принцип действия, схемы, основные характеристики, радиационный вакуумметр. Методы и приборы для отыскания течей в вакуумных установках: метод опрессовки, пробного газа, галоидный, гелиевый течеискатели.	8		8	12	ПК-3

№ 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		
24	Вакуумные системы: классификация, основные схемы и их описание.	4		8	18	ПК-3
	Итого в 7 семестре	36		36	90	
	ИТОГО	104	16	68	136	

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-1.2	<p>Вводная лекция</p> <p>Классификация направлений и материалов электронной техники</p> <p>Получение и механическая обработка монокристаллов</p> <p>Назначение литографических процессов в планарной технологии.</p> <p>Тенденции в развитии литографических методов.</p> <p>Классификация методов получения тонких пленок.</p> <p>Основные виды нанотехнологических процессов, их классификация, виды наноматериалов и наносистем.</p> <p>Газофазные нанотехнологии: молекулярно-лучевая эпитаксия, МОС-гидридная технология, МЛЭ-МОС процесс, обработка остро сфокусированным пучком ионов.</p> <p>Жидкофазные нанотехнологии: золь-гель процессы, получение пленок Ленгмюра – Блоджетт. Комбинированные нанотехнологии: темплатный синтез, принц-технология, твердофазный синтез полипептидов по Меррифилду.</p> <p>Газы и вода в электронной технике, требования к ним, виды, области применения</p> <p>Конструкционные материалы, классификация, области применения в электронной технике.</p> <p>Понятие вакуума, этапы развития вакуумной техники, основные постулаты в физике вакуума, основные молекулярно-кинетические представления применительно к вакуумной технике.</p> <p>Перспективные области применения наноматериалов, синтезированных методом молекулярного наслаивания.</p>
2	ПК-3.1	<p>Оборудование, реагенты и процессы для диффузионного легирования</p> <p>Ионная имплантация</p> <p>Процессы и оборудование для получения наноматериалов химическим осаждением из газовой фазы.</p> <p>Нанотехнология на принципах метода молекулярного наслаивания.</p> <p>Сканирующая зондовая микроскопия, сканирующий туннельный и атомно-силовой микроскопы. Туннельно-зондовая нанотехнология.</p> <p>Оборудование газо- и водоподготовки, чистые комнаты</p> <p>Контрольно - измерительное и испытательное оборудование в электронной и вакуумной технике.</p> <p>Основные процессы планарной технологии и их перспективы применения в нанотехнологии: легирование, вакуумные технологии тонких пленок.</p> <p>Классификация вакуумных насосов, простейшая вакуумная система, основные характеристики и уравнение вакуумной системы, следствия из него.</p> <p>Объемная откачка: принципы, диаграмма объемной откачки, реальная быстрота объемной откачки. Конструкции объемных насосов.</p> <p>Молекулярная откачка: принципы, виды насосов и их характеристики.</p>

п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
		<p>Струйная откачка: принципы, виды насосов и их характеристики.</p> <p>Газопоглощающие насосы: принципы, виды насосов и их характеристики.</p> <p>Вакуумметрические приборы: основное назначение, классификация.</p> <p>Вакуумные системы: классификация, основные схемы и их описание.</p>

4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p>Вводная лекция: основные задачи дисциплины и ее содержание.</p> <p>Предмет курса и его задачи. Электроника как наука, классификация. Развитие химического производства для различных областей народного хозяйства; роль химии и химической технологии в области создания тонкопленочных и других видов материалов и изделий электронной техники. Некоторые исторические аспекты развития электронной и вакуумной техники, нанотехнологии, наноматериалов и наносистем. Важность защиты окружающей среды от вредных продуктов производства и как один из главных путей решения экологических проблем - создание безотходных и малоотходных процессов.</p>	2	Лекция-беседа
2	<p>Основные понятия нанотехнологии, наноматериалы, наносистемы. Классификация направлений и материалов электронной техники, п/п подложки, требования к ним, общая схема производства ИС.</p> <p>Классификация нанотехнологических процессов. Ноль-, одно-, двух-, трехмерные виды наноматериалов. Понятие наносистем, гетероструктур. Основные направления развития микро- и нано-электроники. Виды полупроводниковых подложек (германий, кремний, арсенид галлия, карбид кремния и др.), основные их физико-химические характеристики и требования к ним (кристалличность, чистота, атмосферостойкость). Общая технологическая схема производства полупроводниковых приборов: подготовительные процессы, групповая обработка, индивидуальная обработка. Основные процессы планарной технологии и перспективы создания наноструктур с их применением.</p>	4	Лекция-беседа
3	<p>Получение и механическая обработка монокристаллов, критерии оценки поверхности монокристаллов.</p> <p>Механическая обработка полупроводниковых материалов и монокристаллов: резка, шлифовка, полировка, технохимическая обработка, скрайбирование и разделение пластин на отдельные кристаллы, используемые материалы и оборудование. Виды оборудования, режимы процессов. Технохимическая обработка поверхности полупроводников Структура поверхности полупроводниковых пластин на разных стадиях механической и физико-химической обработок. Основные виды и характеристики абразивных материалов, их классификация и области применения. Свободные и связанные абразивы. Понятие и оценка шероховатости поверхности.</p>	2	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	Оборудование, реагенты и процессы для диффузионного легирования, основы расчет диффузионных структур. Диффузия в планарной технологии: физико- химические основы диффузионных процессов, вещества - диффузанды и требования к ним. Способы проведения диффузии, двухстадийная диффузия, понятия «загонки» и «разгонки», схемы установок. Типовое оборудование диффузионных процессов: реакционные камеры, автозагрузчики, блок автоматизированного управления и т.д. Методы расчета диффузионных процессов: прямая и обратная задачи.	4	Лекция-беседа
5	Ионная имплантация, характеристики процесса, оборудование, основы расчета. Физико-химические основы ионной имплантации, вещества - источники легирующих добавок. Схема, принцип действия и основные узлы установки ионной имплантации: источник ионов, источник высокого напряжения, ускорительная трубка, магнитный генератор, система фокусировки и сканирования, приемная камера, вакуумная система. Виды установок ионного легирования. Методы расчета процессов ионной имплантации: прямая и обратная задачи.	4	Лекция-беседа
6	Назначение литографических процессов в планарной технологии. Органические фоторезисты, их виды и требования к ним. Фотошаблоны и их изготовление. Фотолитографическая линейка, оптическая и проекционная фотолитография. Литографические процессы, их назначение и основные виды. Органические фоторезисты (позитивные и негативные), виды, требования к ним, оборудование для нанесения фоторезистов на поверхность подложек. Фотошаблоны, технология и оборудование для их изготовления (координаторы, редуцирующие фотокамеры, фотоповторители, генераторы изображения). Оборудование литографических процессов, основные операции фотолитографии (литографическая «линейка»), в технологии микроэлектронных устройств.	4	Лекция-беседа
7	Тенденции в развитии литографических методов. Неорганические фоторезисты. Нанолитография. Сравнительные характеристики фотолитографии с другими видами литографических процессов (электронно-лучевая, рентгеновская, ионно-лучевая и др. виды литографических процессов). Неорганические фоторезисты – их особенности, преимущества и недостатки по сравнению с органическими. Некоторые примеры нанолитографических приемов.	2	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
8	<p>Классификация методов получения тонких пленок. Вакуумные тонкопленочные технологии.</p> <p>Классификация методов получения тонких пленок. Процессы и оборудование для получения защитных диэлектрических пленок в планарной технологии (оксидные и нитридные пленки кремния), процессы металлизации и др.: термическое окисление, термовакуумное испарение, катодное, ионно-плазменное и магнетронное распыление; схемы установок и принцип их действия, основные технологические характеристики, методы расчета процессов напыления в вакууме и катодного распыления. Технология эпитаксиальных слоев.</p>	4	Лекция-беседа
9	<p>Основные виды нанотехнологических процессов, их классификация, виды наноматериалов и наносистем. Процессы и оборудование для получения наноматериалов химическим осаждением из газовой фазы. Классификация нанотехнологических процессов (нанотехнологии «сверху – вниз» и «снизу – вверх»).</p> <p>Наноматериалы: частицы, пленки, волокна. Наносистемы и гетероструктуры, сверхрешетки. Химическое осаждение из газовой фазы: принципы процесса, гомогенный и гетерогенный механизмы, кинетические параметры процесса. Совмещение химического осаждения из газовой фазы с физическими воздействиями (ультрафиолет, лазерное излучение, плазма), проточная и проточно-вакуумная системы. Виды технологических установок</p>	4	Лекция-беседа
10	<p>Газофазные нанотехнологии: молекулярно-лучевая эпитаксия, МОС-гидридная технология, МЛЭ-МОС процесс, обработка остро сфокусированным пучком ионов. Нанотехнология на принципах метода молекулярного наслаивания. Размерные эффекты и наноматериалы, полученные методом молекулярного наслаивания.</p> <p>Основные характеристики процесса молекулярно-лучевой эпитаксии, схема установки, основные узлы и их назначение. Модульный принцип создания высоковакуумных установок. Твердые, жидкие и газообразные источники реагентов. Суть процессов с использованием металлоорганических соединений, гидридов, остросфокусированных пучков ионов. Принципы метода молекулярного наслаивания и его синтетические возможности при создании наноструктур в системе «твердофазная матрица – поверхностная структура». Структурно-размерные эффекты в материалах, полученных методом молекулярного наслаивания: эффекты монослоя, перекрытия подложки, взаимного согласования, многокомпонентной системы; области их применения в твердофазном материаловедении.</p>	6	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
11	<p>Жидкофазные нанотехнологии: золь-гель процессы, получение пленок Ленгмюра – Блоджетт. Комбинированные нанотехнологии: темплатный синтез, принц-технология, твердофазный синтез полипептидов по Меррифильду.</p> <p>Сканирующая зондовая микроскопия, сканирующий туннельный и атомно-силовой микроскопы. Туннельно-зондовая нанотехнология.</p> <p>Суть жидкофазных нанотехнологических процессов и их синтетические возможности, виды получаемых наноматериалов и области применения. Понятие об амфифильных молекул и их использование в технологии Ленгмюра-Блоджетт. Технологии, сочетающие различные приемы с удалением жертвенного слоя (принц-технология, темплатный синтез). Особенности твердофазного синтеза по Меррифильду.</p> <p>Схемы сканирующего и атомно-силового микроскопов, принципы действия, основные узлы, перспективы использования не только для исследований, но и как технологические устройства.</p>	4	Лекция-беседа
12	<p>Газы и вода в электронной технике, требования к ним, виды, области применения, оборудование газо- и водоподготовки, чистые комнаты.</p> <p>Понятие вакуумной гигиены в электронике, технология и оборудование газо- и водоподготовки на предприятиях электронной промышленности. Классификация газов и их назначение, очистка и осушка газов, промышленные установки для осушки и очистки азота, кислорода, водорода, аргона, воздуха.</p> <p>Чистые комнаты, их классификация, основные контролируемые и регулируемые параметры производственных помещений. Требования к персоналу производственных помещений.</p> <p>Требования к воде и оборудование для ее подготовки и контроля; дистиллированная и деионизованная вода, предварительная и финишная очистка.</p>	6	Лекция-беседа
13	<p>Контрольно-измерительное и испытательное оборудование в электронной и вакуумной технике.</p> <p>Основные химико-технологические параметры процессов в микроэлектронике и вакуумной технике.</p> <p>Контролируемые и регулируемые параметры технологических процессов. Методы контроля производства: ручные, автоматические, дистанционные. Приборы для измерения температуры, давления, количества и расхода, влажности. Вакууметрические приборы. Методы и оборудование для оценки герметичности вакуумных установок и отыскания течей. Принцип их действия, основные характеристики и схемы. Методы и оборудование для испытаний изделий электронной и вакуумной</p>	4	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	техники Приборы для измерения температуры, классификация, схемы, принцип действия. Приборы для измерения влажности газов, классификация, схемы, принцип действия приборы по точке росы. Кулонометрические измерители влажности, сорбционно-индикаторные экспресс методы определения влагосодержания газов. Приборы для измерения расхода и давления газов.		
14	Конструкционные материалы, классификация, области применения в электронной технике. Особенности проектирования процессов и оборудования и решения экологических проблем в микроэлектронике. Требования к конструкционным материалам химических производств. Классификация материалов химического машиностроения и вакуумной техники. Основные виды и характеристики конструкционных материалов для оборудования электронной промышленности: металлы, стекла, керамика, композиты, газо- и влагопоглотители. Особенности эксплуатации и требования к материалам для вакуумной техники Защитные покрытия, их виды и методы получения. Экономическая эффективность от применения защитных покрытий	4	Лекция-беседа
15	Понятие вакуума, этапы развития вакуумной техники, основные постулаты в физике вакуума, основные молекулярно-кинетические представления применительно к вакуумной технике. Основные газовые законы, режимы течения газов, длина свободного пробега молекулы, понятия о степенях вакуума. Процессы в газах и вакууме: некоторые молекулярно-кинетические представления. Явления переноса в газах. Процесс откачки вакуумных систем: понятие вакуума и его виды, давление и плотность газа, единицы измерения. Течение газа по трубопроводу (вязкостный и молекулярный режимы, закон Кнудсена и т.д.).	6	Лекция-беседа
16	Основные процессы планарной технологии и их перспективы применения в нанотехнологии: легирование, вакуумные технологии тонких пленок. Влияние режимов процесса на размеры получаемых продуктов. Факторы, затрудняющие создание наноразмерных систем.	4	Лекция-беседа
17	Перспективные области применения наноматериалов, синтезированных методом молекулярного наслаивания: электроника и смежные области, альтернативная энергетика, медицина, сорбционно-каталитические материалы, керамические и композиционные материалы, гибридные композиции.	4	Лекция-беседа
18	Классификация вакуумных насосов, простейшая вакуумная система, основные характеристики и уравнение вакуумной системы, следствия из него. Основные характеристики вакуумных насосов.	4	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Классификация вакуумных насосов: основные виды и общие характеристики. Простейшая вакуумная система. Основное уравнение вакуумной системы: вывод, основные определения и следствия. Основные параметры вакуумных насосов и их графическое представление. Принцип действия, схемы, технологические характеристики и области применения средств для получения вакуума: газоперемещающие и газопоглощающие вакуумные насосы. Рабочие жидкости вакуумных насосов и требования к ним. Форвакуумные и высоковакуумные насосы. Выбор и согласование работы высоковакуумного и форвакуумного насосов		
19	Объемная откачка: принципы, диаграмма объемной откачки, реальная быстрота объемной откачки. Конструкции объемных насосов (пластинчато-роторный, пластинчато-статорный, двухступенчатые, и др.), основные характеристики, рабочие жидкости и требования к ним, ловушки, их виды и принцип действия. Двухроторный насос Рутса: принцип действия, схема, основные характеристики. Расчет быстроты откачки объекта.	6	Лекция-беседа
20	Молекулярная откачка. Откачка за счет движения стенки канала, молекулярные насосы, схемы и основные характеристики. Откачка за счет проводимости наклонного канала, турбомолекулярные насосы, схемы и основные характеристики. Схема вакуумной системы с турбомолекулярным и форвакуумным насосами, ее описание.	4	Лекция-беседа
21	Струйная откачка. Общая схема струйного насоса, эжекторные и бустерные насосы, рабочие жидкости. Диффузионные насосы, схемы и основные характеристики. Форвакуумные баллоны, их назначение и расчет. Графическое определение совместимости работы высоковакуумного и низковакуумного насосов при переменном и постоянном газовыделении и натекании.	4	Лекция-беседа
22	Газопоглощающие насосы. Адсорбционные насосы: основные виды промышленных адсорбентов и их характеристики, схемы и параметры адсорбционных насосов. Гетерные насосы: гетеры, их основные виды и характеристики. Схемы гетерных насосов и их основные характеристики. Ионно-гетерные насосы, электростатические насосы: принцип действия, схемы.	6	Лекция-беседа
23	Вакуумметрические приборы: основное назначение, классификация. Манометр Мак-Леода: принцип действия, схема, основные характеристики. Термопарный вакуумметр, ионизационные вакуумметры: принцип действия, схемы, основные характеристики, радиационный вакуумметр. Методы и приборы для отыскания течей в вакуумных установках:	8	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	метод опрессовки, пробного газа, галоидный, гелиевый течеискатели.		
24	<p>Вакуумные системы.</p> <p>Виды, требования, основные характеристики. Автоматизированные вакуумные системы. Схемы низко-, средне-, высоко- и сверхвысоковакуумных систем.</p> <p>Конструкционные материалы для вакуумной техники.</p> <p>Общие принципы проектирования вакуумных систем: основные требования, предъявляемые к вакуумным системам, выбор конструкционных материалов, элементная база и виды вакуумных систем.</p> <p>Принципиальные схемы вакуумных установок для получения низкого, среднего, высокого и сверхвысокого вакуума. Примеры проектировочных расчетов, контроль работы вакуумных установок.</p> <p>Типовые вакуумные системы для основных процессов в производстве материалов и изделий электронной техники</p>	4	Лекция-беседа

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	
12	Газы и вода в электронной технике. Расчет установок для осушки газов и их применение в различных технологических процессах	2	2	Расчетная работа
15	Понятие вакуума, этапы развития вакуумной техники, основные постулаты в физике вакуума, основные молекулярно-кинетические представления применительно к вакуумной технике.	6	6	Расчетная работа
16	Основные процессы планарной технологии. Расчет распределения примесей и режимов диффузионных процессов и ионной имплантации в планарной технологии (прямая и обратная задачи).	6	6	Расчетная работа
17	Перспективные области применения наноматериалов, синтезированных методом молекулярного наслаивания. По заданным исходным данным провести расчет толщины нанослоя, полученного на кремниевой пластине методом молекулярного наслаивания с использованием паров хлоридов элементов и воды. Определить строение функциональных групп при заданных значениях концентрации исходных гидроксидов, а также содержания элемента и хлора в продуктах взаимодействия с парами галогенидов. Определить необходимое минимальное количество реагентов для выпуска партии кремниевых пластин при заданных параметрах продукции и исходных реагентов.	2	2	Расчетная работа

4.4.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
18	Основные характеристики вакуумных насосов. Определение газонатекания в вакуумной установке. Методы определения течей в вакуумной системе. Определение проводимости вакуумных систем.	12	12	Выполняются 2 лабораторные работы по выбору преподавателя
19	Объемная откачка. Определение быстроты откачки объекта. Синтез тонких пленок в вакуумной установке.	8	8	Выполняются 2 лабораторные работы по выбору преподавателя
23	Вакуумметрические приборы. Контроль давления в вакуумной системе с применением баротронов. Методы и приборы для отыскания течей.	8	8	Выполняются 2 лабораторные работы по выбору преподавателя
24	Вакуумные системы. Низковакуумные системы и их эксплуатация. Средне- и высоковакуумные системы. Форбаллоны и их назначение.	8	8	Выполняются 2 лабораторные работы по выбору преподавателя

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Основные понятия нанотехнологии. Размерные эффекты, области применения наноматериалов.	3	контрольный опрос
3	Получение и механическая обработка монокристаллов. Оборудование для резки кристаллов, шлифования и полирования.	5	контрольный опрос
4	Оборудование, реагенты и процессы для диффузионного легирования. Конструктивные особенности установок диффузионного легирования, области применения диффузионных процессов.	6	контрольный опрос
5	Ионная имплантация, характеристики процесса, оборудование. Требования к установкам ионной имплантации. Применение метода для создания наноструктур.	3	контрольный опрос
6	Материалы для литографических процессов в планарной технологии. Неорганические фоторезисты, их недостатки и преимущества перед органическими.	4	контрольный опрос
7	Тенденции в развитии литографических методов Пути повышения качества литографических процессов. Приемы нанолитографии.	4	контрольный опрос
8	Вакуумные тонкопленочные технологии. Термоокисление кремния, преимущества и недостатки вакуумных технологий и тенденции в их развитии.	4	контрольный опрос
9	Основные виды нанотехнологических процессов Кинетические особенности процессов для получения наноматериалов химическим осаждением из газовой фазы. Примеры областей применения ХОГФ.	2	контрольный опрос
10	Газофазные нанотехнологии. МЛЭ-МОС процесс, обработка остро сфокусированным пучком ионов. Размерные эффекты и наноматериалы, полученные методом молекулярного наслаивания.	3	контрольный опрос
11	Жидкофазные нанотехнологии. Золь-гель процесс и его синтетические возможности. Комбинированные нанотехнологии: темплатный синтез, принц-технология, твердофазный синтез полипептидов по Меррифилдду.	4	контрольный опрос
12	Газы и вода в электронной технике. Способы и оборудование для очистки газов. Чистые комнаты и тенденции в их развитии.	2	контрольный опрос
13	Контрольно - измерительное и испытательное оборудование в электронной и вакуумной	2	контрольный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	технике. Процессы и оборудование для климатических испытаний; способы консервации оборудования и приборов.		
14	Проектирования процессов и оборудования и решение при решении экологических проблем.	2	контрольный опрос
17	Синтез поверхностных структур методом молекулярного наслаивания. Особенности синтеза оксидных, нитридных, сульфидных, углеродных, металлических структур на поверхности твердофазных матриц и изделий.	2	контрольный опрос
18	Основные характеристики вакуумных насосов Совместимость работы высоковакуумного и низковакуумного насосов, их графическое определение. Приемы повышения эксплуатационных характеристик вакуумных насосов.	12	контрольный опрос
19	Объемная откачка. Особенности конструкции двухроторного насоса Рутса, расчеты коэффициента компрессии и скорости откачки.	12	контрольный опрос
20	Молекулярная откачка. Особенности откачки низко- и высокомолекулярных газов, расчет скорости откачки.	12	контрольный опрос
21	Струйная откачка. Диффузионные насосы, их расчет и конструктивные особенности.	12	контрольный опрос
22	Газопоглощающие насосы. Конструкции газопоглощающих насосов криогенного типа, гетеро-ионных и др.	12	контрольный опрос
23	Вакуумметрические приборы. Компрессионный манометр Мак-Леода. Градуировка манометров косвенного действия.	12	контрольный опрос
24	Вакуумные системы. Вакуумные системы для сверхвысокого вакуума, области их применения, конструктивные особенности	18	контрольный 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.

4.5.2 Тема курсового проекта и этапы его выполнения

Основное содержание и этапы выполнения курсовой работы (проекта) на тему «Разработка технологического процесса изготовления интегральных схем»

1 Цели выполнения работы.

- 1.1 Выбор параметров полупроводникового материала для изготовления интегральных схем.
- 1.2 Выбор и обоснование выбора технологических процессов для изготовления интегральных схем.
- 1.3 Составление блок-схемы сквозного технологического процесса.
- 1.4 Расчет экономических показателей спроектированного производства интегральных схем.

2 Этапы выполнения работы.

- 2.1 Проведение анализа технических условий на полупроводниковые пластины на предмет соответствия качества материала заданным исходным. Обоснование предлагаемых дополнительных требований на исходный материал.
- 2.2 Анализ исходных данных на проект с целью определения основных технологических процессов, необходимых для реализации заданных параметров интегральных схем.
- 2.3 Подготовка обеспечения необходимых требований производства в части энергоносителей, основных материалов, реактивов, технологического оборудования.
- 2.4 Определение процента выхода годных структур на пластине полупроводника, общего объема выпуска интегральных схем по заданным исходным данным проекта.
- 2.5 Составление пояснительной записки по проекту и необходимого графического материала.

3 Предоставляемые студенту материалы для выполнения курсового проектирования

- 3.1 Задание на курсовой проект, включающее вид технологии производства и основной полупроводниковый материал, параметры элементов интегральных схем, требуемая максимальная дефектность при выполнении процессов, исходные экономические требования.
- 3.2 Карта заказа на полупроводниковый материал по 19 параметрам
- 3.3 Выписка из международного стандарта на спецификацию полупроводниковых пластин.

Задание на разработку технологического процесса изготовления полупроводниковых интегральных микросхем является индивидуальным и выдается руководителем.

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. – 108 с. (ЭБ)
2. Ежовский, Ю. К. Разработка технологического процесса изготовления полупроводниковых интегральных схем: методические указания к курсовому проекту / Ю.К.Ежовский – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 38 с. (ЭБ)
3. Ежовский, Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский, А.А. Малыгин. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 45 с. (ЭБ)
4. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 92 с. (ЭБ)
5. 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)
6. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 74 с. (ЭБ)
7. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: текст лекций / А.А.Малыгин, А.А.Малков. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. - 71 с. (ЭБ)
8. 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. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 188 с. (ЭБ)
9. 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

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 5 и 6 семестров в виде зачета в устной форме. К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 1-2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

В конце 6-го и 7-го семестров студенты сдают экзамен. Экзамены предусматривают 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 экзаменов включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых на экзамене:

1. Классификация реакций в методе молекулярного наслаивания.
2. Технология и оборудование для формирования изображения в планарной технологии
3. Основные характеристики вакуумных насосов.
4. Требования к воде и оборудование для ее подготовки и контроля; дистиллированная и деионизованная вода.
5. Экологические проблемы современных технологий, основные пути их решения при разработке и проектировании оборудования.

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные 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.
2. Ежовский, Ю. К. Разработка технологического процесса изготовления полупроводниковых интегральных микросхем: методические указания к курсовому проекту / 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), 2013. – 38 с.
3. Ежовский, Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский, 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), 2016. - 45 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. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 92 с.

6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Нанотехнологии в электронике / Под ред. Ю.А.Чаплыгина. - Москва: Техносфера, 2005. - 446 с. - ISBN 5-94836-059-8
10. 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.
11. 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
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

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: 15.06.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Ежовский, Ю. К. Разработка технологического процесса изготовления полупроводниковых интегральных микросхем: методические указания к курсовому проекту / 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), 2013. – 38 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.06.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
3. Ежовский, Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский, 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), 2016. - 45 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.06.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
4. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие / Н.В.Захарова, Е.А.Соснов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 45 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.06.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

- Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. - 92 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.06.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
5. 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: 15.06.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 6. 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: 15.06.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 7. 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: 15.06.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 8. 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: 15.06.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
 9. 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: 15.06.2021). - 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
2. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
3. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»
4. www.nt-mdt.ru
5. www.nanoscopus.org

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. 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) 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) 044-2012. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2012.-СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 44 с.
6. 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.
7. 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.

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 6 и 7 семестров в виде экзаменов в устной форме. Экзамен включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин. Результаты экзаменов 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»

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 1024x758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине.

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

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024x758).
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 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
"Технология материалов электронной техники"**

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-3	Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, способах обработки композиционных и иных материалов, методах контроля качества на этапах получения изделий.	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-1.2 Способность проводить анализ сырья, материалов, а также осуществлять их выбор для заданных условий в области материаловедения и применяемой технологии с учетом необходимых требований	Знать: физико-химические свойства современных неорганических и гибридных материалов, применяемых в области материаловедения (ЗН-1)	Ответы на вопросы №№ 1-6 к экзамену	Имеет представление о классификации материалов и изделий электронной техники	Знает основные принципы классификации материалов и изделий электронной техники	Знает классификацию материалов и изделий электронной техники
	Уметь: осуществлять выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом необходимых требований (У-1).	Ответы на вопросы №№ 7-25 к экзамену	Имеет представление о некоторых основных технологиях микроэлектроники и требованиях к материалам для них	Умеет оценивать свойства материалов для основных технологий микроэлектроники	Умеет осуществлять выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом необходимых требований технологий микроэлектроники
ПК-3.1 Способность использовать на практике знания о наноматериалах, наносистемах и областях их применения в современных приборах,	Знать: используемое оборудование для реализации различных технологий при создании наноматериалов и наносистем (ЗН-2).	Ответы на вопросы №№ 26-32; 36- 38, 42, 43; 44, 45, 47, 48, 59, 64, 68, 80 к экзамену	Имеет слабые представления об оборудовании для реализации различных технологий при создании наноматериалов и наносистем	Имеет представления об оборудовании для реализации различных технологий при создании наноматериалов и наносистем	Знает оборудование для реализации различных технологий при создании наноматериалов и наносистем

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
оборудовании и технологиях	Уметь: проводить экспериментальные исследования с использованием технологического оборудования, обеспечивать комплексный контроль производства наноструктурированных материалов (У-2).	Ответы на вопросы №№ 55, 60, 66, 78, 88-90 к экзамену	Имеет представление о проведении экспериментальных исследований с использованием технологического оборудования, обеспечения контроля производства наноструктурированных материалов	Способен проводить основные экспериментальные исследования с использованием технологического оборудования, обеспечивать контроль производства наноструктурированных материалов	Умеет проводить экспериментальные исследования с использованием технологического оборудования, обеспечивать комплексный контроль производства наноструктурированных материалов
	Владеть: методами контроля и качества на всех этапах получения наноматериалов и наносистем (Н-1).	Ответы на вопросы №№ 71-77, 83-87 к экзамену	Имеет слабые представления об основных методах контроля и качества на всех этапах получения наноматериалов и наносистем	Имеет представления об основных методах контроля и качества на основных этапах получения наноматериалов и наносистем	Владеет методами контроля и качества на всех этапах получения наноматериалов и наносистем

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Владеть: методическими приемами реализации технологических процессов (Н-2).	Ответы на вопросы №№ 33-35, 39-41, 46, 49-54, 56-58, 61-63, 65, 67-70, 79 к экзамену, защита КР	Имеет слабые представления об основных методических приемах реализации технологических процессов	Имеет представления об основных методических приемах реализации технологических процессов и частично ими владеет	Владеет методическими приемами реализации технологических процессов

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

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

3.1. Тесты для самоаттестации

Вариант 1

1. Какие из перечисленных материалов относятся к полупроводниковым:
 - оксид кремния;
 - кремний;
 - тантал;
 - тетрахлорид кремния.
2. Виды механической обработки полупроводниковых материалов при изготовлении пластин для ИС:
 - резка, шлифовка, полировка;
 - размол, рассев;
 - прокатка;
 - сверление.
3. Область применения диффузионно-термических процессов в планарной технологии:
 - получение толстых пленок;
 - получение тонких пленок;
 - легирование полупроводниковых пластин;
 - полировка поверхности.
4. Назначение установки ионной имплантации:
 - очистка поверхности пластин;
 - получение толстых пленок;
 - полировка поверхности;
 - легирование полупроводниковых пластин.

Вариант 2

1. Суть процесса получения тонких пленок испарением в вакууме:
 - испарение материала катода;
 - испарение вещества для пленки;
 - распыление анода;
 - распыление катода.
2. Суть процесса получения тонких пленок катодным распылением:
 - испарение анода;
 - распыление анода;
 - распыление катода;
 - испарение анода.
3. В каком случае применяют высокочастотные установки катодного распыления:
 - при напылении металлических пленок;
 - при напылении органических пленок;
 - при напылении диэлектрических пленок;
 - при легировании пластин.
4. В чем особенность установки магнетронного распыления по сравнению с другими приемами катодного распыления:
 - процесс протекает при пониженном напряжении;
 - процесс протекает при высоком напряжении;
 - процесс протекает в скрещенном магнитных и электрическом полях;
 - процесс протекает в вакууме.

Вариант 3

1. От какого основного параметра зависит толщина пленки в процессе молекулярного наслаивания:
 - от времени;
 - от количества пропущенного вещества;
 - от числа циклов молекулярного наслаивания;
 - от давления.
2. Суть процесса получения пленок Ленгмюра-Блоджетт:
 - напыление органической пленки из газовой фазы на поверхность твердой подложки;
 - испарение органического вещества и осаждение на поверхность твердой подложки;
 - перенос органической пленки с поверхности жидкой фазы на поверхность твердой подложки;
 - прокатка валиком.
3. На чем основан принцип действия туннельного микроскопа:
 - на использовании низкого напряжения;
 - на использовании эффекта туннелирования электронов;
 - на использовании высокого сопротивления;
 - на использовании сверхпроводимости.
4. На чем основан принцип действия атомно-силового микроскопа:
 - на различии в силе взаимодействия между телами от расстояния;
 - на использовании эффекта туннелирования электронов;
 - на использовании сверхпроводимости;
 - на использовании сопротивления материала.
5. Основные два узла в конструкции туннельного микроскопа:
 - зонд и пьезосканер;
 - зонд и источник напряжения;
 - пьезосканер и омметр;
 - амперметр и вольтметр.

Вариант 4

1. Назначение процесса фотолитографии в планарной технологии:
 - нанесение тонких пленок;
 - нанесение толстых пленок;
 - легирование пластин;
 - перенос изображения.
2. Длина волны актиничного света в проекционной фотолитографии:
 - 1 нм;
 - 100 нм;
 - 450 нм;
 - 1000 нм.
3. Длина облучающей волны в электронно-лучевой и рентгенолитографии:
 - 10 – 40 нм;
 - 50 - 100 нм;
 - 0,1 – 5,0 нм;
 - 1000 - 2000 нм.
4. Назначение координатографа при изготовлении фотошаблонов:
 - изготовление оригинала фотошаблона;
 - изготовление промежуточного фотошаблона;
 - изготовление рабочего фотошаблона;
 - изготовление фоторезиста.

- На заполнение тестовых карт отводится 10 минут. Тестирование используется для:
- промежуточного контроля знаний студентов;
 - развития навыков принятия решений;
 - корректировки содержания и/или формы представления лекций с учетом особенностей восприятия и усвоения материала аудиторией.

Контрольные карты хранятся на кафедре.

3.2 Оценка сформированности элементов компетенции

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

1. Критерии отнесения продукции к наноматериалам, наносистемам.
2. Гибридные материалы: основные характеристики, состав, взаимосвязь между компонентами.
3. Общие сведения о материалах электронной техники. Виды полупроводниковых материалов, подложек и основные требования к ним.
4. Кремний, его основные свойства и применение в планарной технологии.
5. Арсенид галлия, его свойства и использование в технологии ИМС.
6. Полупроводниковые соединения $A^{II}B^{VI}$ и их использование в оптоэлектронике.
7. Виды и свойства абразивных материалов, классификация и использование в микроэлектронике.
8. Различия и особенности между шлифовальными и полировальными материалами.
9. Конструкционные материалы, классификация, основные характеристики, области применения в электронной технике.
10. Требования к материалам для вакуумных насосов и систем.
11. Классификация диффузатов и их основные характеристики.
12. Материалы для проведения ионной имплантации.
13. Органические фоторезисты, их виды, назначение, требования к ним.
14. Неорганические фоторезисты: их виды, требования к ним, перспективы применения.
15. Материалы для изготовления фотошаблонов, требования к ним.
16. Методы и требования к оборудованию для нанесения органических фоторезистов.
17. Требования к материалам испарителей в технологии тонких пленок.
18. Основные материалы и реагенты для получения металлических и диэлектрических покрытий методом катодного распыления.
19. Газы в электронной технике, требования к ним, виды, области применения.
20. Материалы для осушки газов: виды, основные характеристики.
21. Требования к воде в микроэлектронике, оборудование водоподготовки.
22. Ионообменные материалы: основные виды, принципы очистки воды с их использованием.
23. Требования к материалам для технологии Ленгмюра-блджетт, их виды.
24. Структурно-размерные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания и наноматериалы на их основе.
25. Требования к материалам газопоглощающих насосов: геттеры, сорбенты.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-3

26. Основные этапы развития микроэлектроники; основные типы ИМС; изготовления ИМС на биполярных транзисторов с диэлектрической изоляцией; биполярных ИМС с изоляцией p-n переходом.
27. Роль химических процессов в микроэлектронике.
28. Основные этапы механической обработки полупроводниковых материалов.
29. Резка полупроводниковых слитков на пластины (способы и оборудование); шлифовка, полировка.

30. Скрайбирование полупроводниковых пластин, разделение их на отдельные кристаллы, контроль качества продукции.
31. Получение структур методом диффузии: физико-химические основы процесса.
32. Способы проведения диффузии, распределение примесей по глубине в зависимости от режимов и стадии процесса легирования.
33. Расчет диффузионных структур (прямая и обратная задачи).
34. Получение структур методом ионной имплантации: физико-химические основы процесса.
35. Расчет процесса ионной имплантации, распределение примеси по глубине (прямая и обратная задачи).
36. Основные узлы установки ионной имплантации, их назначение и требования к ним.
37. Виды установок с разным взаимным расположением узлов в зависимости от энергетических характеристик.
38. Схема установки ионной имплантации и ее описание.
39. Назначение и суть процесса фотолитографии в создании интегральных схем.
40. Виды и методы получения фотошаблонов.
41. Виды литографических процессов, основные характеристики.
42. Основные стадии фотолитографии и их характеристики.
43. Перспективные методы и оборудование литографии: рентгено- и электролитография, ионно-лучевая, нанолитография.
44. Общая технологическая схема производства интегральных микросхем (основные этапы и документация).
45. Основные требования, предъявляемые к современному технологическому оборудованию.
46. Классификация методов получения тонких пленок и нанопокровов.
47. Виды установок вакуумного испарения (периодические, полунепрерывные, непрерывного действия), основные характеристики.
48. Технологические характеристики установок катодного распыления: триодная и магнетронная схемы, схема с автономным источником ионизации, основные узлы установок и их назначение.
49. Расчет процесса вакуумного испарения (прямая и обратная задачи).
50. Суть процесса катодного распыления, диодная схема и ее описание.
51. Расчет коэффициента катодного распыления.
52. Схема и описание триодной установки катодного распыления.
53. Схема и описание установки катодного распыления с автономным источником ионов.
54. Суть процесса магнетронного распыления.
55. Характеристика вакуумных методов. Достоинства и недостатки.
56. Процессы испарения и конденсации вещества в вакууме. Термическое вакуумное испарение.
57. Эпитаксия кремния и полупроводниковых соединений.
58. Метод химических транспортных реакций (ХТР). Получение полупроводниковых эпитаксиальных структур методом ХТР.
59. Анализ оборудования для получения тонких пленок катодным распылением: диодная схема (на постоянном токе и высокочастотная), распыление металлов и диэлектриков.
60. Химические методы получения тонких пленок, в том числе, с применением иницирующих воздействий.
61. Основные способы и оборудование для химического осаждения пленок из газовой фазы.
62. Молекулярно-лучевая эпитаксия: схема установки и описание ее работы.
63. Молекулярное наслаивание: основные принципы, структурно-размерные эффекты, синтетические возможности.
64. Вакуумная и проточная установки молекулярного наслаивания, их схемы и основные характеристики.
65. Пленки Ленгмюра-Блоджетт в электронной технике: основы процесса их получения, схема установки и ее технологические характеристики.

66. Понятие нанотехнологии, основные приемы и виды оборудования: сканирующий туннельный и атомно-силовой микроскопы (принцип действия и схемы).
67. МОС-гидридная технология в производстве полупроводниковых слоев.
68. Химические реакторы: классификация, принципы проектирования, примеры схем и их описание.
69. Основы проектирования технологических процессов и оборудования.
70. Особенности проектирования процессов и оборудования в микроэлектронике. Компоновка оборудования.
71. Экологические проблемы современных технологий, основные пути их решения при разработке и проектировании оборудования.
72. Особенности решения экологических проблем в микроэлектронике при проектировании новых технологических процессов.
73. Приборы для измерения температуры, классификация, схемы, принцип действия.
74. Приборы для измерения влажности газов, классификация, схемы, принцип действия.
75. Приборы для измерения расхода, классификация, схемы, принцип действия.
76. Кулонометрические измерители влажности, приборы по точке росы, сорбционно-индикаторные экспресс методы определения влагосодержания газов.
77. Основные понятия вакуумной техники: постулаты физики вакуума, течение газов в вакууме, физический смысл для оценки степени вакуума.
78. Классификация вакуумных насосов; характеристики вакуумных насосов, систем, основное уравнение вакуумной системы.
79. Объемная откачка, принципы действия пластинчато-роторных и двухроторных насосов.
80. Струйные насосы, их виды и классификация, рабочие жидкости струйных насосов и требования к ним; ловушки, их виды, принципы действия.
81. Молекулярная откачка: принципы, виды насосов и их характеристики.
82. Газопоглощающие насосы: виды насосов и их характеристики.
83. Расчет быстроты откачки вакуумного насоса.
84. Форвакуумные баллоны: назначение и принципы расчета.
85. Приборы для измерения вакуума: классификация и принципы действия.
86. Термопарный вакуумметр, радиационный вакуумметр, ионизационные вакуумметры: принцип действия, схемы, основные характеристики.
87. Методы и приборы для отыскания течей в вакуумных установках: метод опрессовки, пробного газа, галоидный, гелиевый течеискатели.
88. Вакуумные системы: классификация, основные схемы и их описание.
89. Автоматизированные вакуумные системы.
90. Особенности проектирования сверхвысоковакуумных систем.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего и промежуточного контроля. При сдаче экзамена, студент получает два 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.