

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 27.04.2022 16:32:00
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

Рабочая программа дисциплины
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСИСТЕМ

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность образовательной программы

Материаловедение и технологии конструкционных и функциональных материалов

Профессиональный модуль

Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		профессор А.А.Малыгин

Рабочая программа дисциплины «Физическая химия твердого тела и наноразмерных систем»
обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной
техники

протокол от 28.01.2016 № 03

Заведующий кафедрой

А.А.Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 18.02.2016 № 05

Председатель

С.Г.Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Материаловедение и технологии материалов»		доцент Н.О.Тагильцева
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.....	06
3. Объем дисциплины	07
4. Содержание дисциплины.....	08
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	08
4.2. Занятия лекционного типа.....	11
4.3. Занятия семинарского типа.....	17
4.3.1. Семинары, практические занятия	17
4.3.2. Лабораторные занятия.....	17
4.4. Самостоятельная работа.....	18
4.5. Курсовая семестровая работа.....	19
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	20
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	21
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	21
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	22
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	22
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	23
10.1. Информационные технологии.....	23
10.2. Программное обеспечение.....	23
10.3. Информационные справочные системы.....	24
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	24
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	24
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации....	25

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

Для получения планируемых результатов освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся в соответствии с ФГОС ВО по направлению "Материаловедение и технологии материалов" (22.03.01) (Утв. Приказом Минобрнауки России от 12.11.2015 № 1331) должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-4	Способность сочетать теорию и практику для решения инженерных задач	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия нанотехнологии, виды наноматериалов и наносистем; - основные области применения наноматериалов и наносистем. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работать с научно-технической литературой.
ПК-6	Способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; - основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работать с научно-технической литературой; - проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оборудованием для реализации нанотехнологий; - математическим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных; - нанотехнологиями конструирования наноматериалов и наносистем.
ПК-7	Способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с исполь-

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>зованием современного программного обеспечения;</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оборудованием нанотехнологий; - математическим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных зондовой микроскопии; - нанотехнологиями конструирования наноматериалов и наносистем;
ПК-11	<p>Способность применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные области применения наноматериалов и наносистем; - принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оборудованием нанотехнологий и методами исследования наноматериалов; - математическим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных зондовой микроскопии
ПК-16	<p>Способность использовать на производстве знания о традиционных и новых технологических процессах и операциях, нормативных и методических материалах о технологической подготовке производства, качестве, стандартизации и сертификации изделий и процессов с элементами экономического анализа</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные современные технологии и нанотехнологии для создания материалов различного функционального назначения; - основные виды нормативных документов в производстве наноматериалов и наносистем; - основные подходы для технико-экономического обоснования нового или модернизируемого производства; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выдавать исходные данные для проектирования технологий и материалов;

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать нормативные документы и методические рекомендации для производственных процессов; <li style="padding-left: 20px;">Владеть: - оборудованием нанотехнологий и методами исследования наноматериалов; - математическим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных; - методами проектирования нанотехнологического оборудования, процессов, наноматериалов и наносистем
ПК-17	Способность использовать в профессиональной деятельности основы проектирования технологических процессов, разработки технологической документации, расчетов и конструирования деталей, в том числе с использованием стандартных программных средств	<ul style="list-style-type: none"> <li style="padding-left: 20px;">Знать: - принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем; <li style="padding-left: 20px;">Уметь: - проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований; <li style="padding-left: 20px;">Владеть: - методами проектирования нанотехнологического оборудования, процессов, наноматериалов и наносистем

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Целями освоения дисциплины "**Химическая технология наноматериалов и наносистем**" является подготовить бакалавров, ориентирующихся в производстве твердофазных наноматериалов и наносистем для электронной техники и других областей твердофазного материаловедения, способных квалифицированно анализировать варианты аппаратного оформления технологических процессов и выдавать исходные данные для их проектирования, проводить инженерные расчеты при выборе технологических режимов и оборудования.

Дисциплина относится к профессиональному модулю по выбору Б1.В.ДВ.03.03. «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем», является обязательной (Б1.В.ДВ.03.03.03) 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".

Компетенции, приобретенные в результате освоения дисциплины, будут использованы при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы, а также при решении научно-исследовательских и инженерно-технологических задач.

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:	222
занятия лекционного типа	104
занятия семинарского типа, в т.ч.	84
семинары, практические занятия	16
лабораторные работы	68
курсовое проектирование (КР или КП)	32
КСР	2
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	138
Формы текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	зачет (5, 6 семестры) КР (6, 7 семестры) экзамен (72) (6, 7 семестры)

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				ОПК-4
2	Основные понятия нанотехнологии, наноматериалы, наносистемы. Классификация направлений и материалов электронной техники, п/п подложки, требования к ним, общая схема производства ИС.	4			3	ОПК-4
3	Получение и механическая обработка монокристаллов, критерии оценки поверхности монокристаллов	2			5	ПК-6, 7
4	Оборудование, реагенты и процессы для диффузионного легирования, основы расчета диффузионных структур.	3			6	ПК-6, 7
5	Ионная имплантация, характеристики процесса, оборудование, основы расчета	3			3	ПК-6, 7
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			4	ПК-6, 7, 11, 16
7	Тенденции в развитии литографических методов. Неорганические фоторезисты. Нанолитография.	2			4	ПК- 7, 11, 16
8	Классификация методов получения тонких пленок. Вакуумные тонкопленочные технологии.	4			4	ПК-6
9	Основные виды нанотехнологических процессов, их классификация, виды наноматериалов и наносистем. Процессы и оборудование для получения наноматериалов химическим осаждением из газовой фазы.	3			2	ПК-6

№ 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.	9			3	ПК-6, 7, 11
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 Меррифилдуду. Сканирующая зондовая микроскопия, сканирующий туннельный и атомно-силовой микроскопы. Туннельно-зондовая нанотехнология.	8		4	15	ПК-11
12	Газы и вода в электронной технике, требования к ним, виды, области применения, оборудование газо- и водоподготовки, чистые комнаты.	4	3		5	ПК-11, 17
13	Контрольно - измерительное и испытательное оборудование в электронной и вакуумной технике.	8			10	ПК- 7, 11
14	Конструкционные материалы, классификация, области применения в электронной технике. Особенности проектирования процессов и оборудования и решения экологических проблем в микроэлектронике.	6			10	ПК-16
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				ПК-6, 7
16	Основные процессы планарной технологии: легирование, вакуумные технологии тонких пленок.		13			ПК-16

№ 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		
17	Синтез поверхностных структур методом молекулярного наслаивания.			28	10	ПК-7, 11, 16
	Итого в 6 семестре	32	16	32	50	
18	Классификация вакуумных насосов, простейшая вакуумная система, основные характеристики и уравнение вакуумной системы, следствия из него. Основные характеристики вакуумных насосов.	2		8	8	ПК-6, 7
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	8	ПК-7, 11, 16
20	Молекулярная откачка.	3			8	ПК- 7, 11, 16
21	Струйная откачка.	6			10	ПК- 7, 11
22	Газопоглощающие насосы.	5			8	ПК-7, 11
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	7		14	6	ПК-6, 7, 16
24	Вакуумные системы.	7		6	6	ПК-16
	Итого в 7 семестре	36		36	54	
	Итого	104	16	68	138	

4.2. 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. 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. 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. 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	<p>Оборудование, реагенты и процессы для диффузионного легирования, основы расчет диффузионных структур.</p> <p>Диффузия в планарной технологии: физико- химические основы диффузионных процессов, вещества - диффузаны 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.</p>	3	Лекция-беседа
5	<p>Ионная имплантация, характеристики процесса, оборудование, основы расчета.</p> <p>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.</p>	3	Лекция-беседа
6	<p>Назначение литографических процессов в планарной технологии. Органические фоторезисты, их виды и требования к ним. Фотошаблоны и их изготовление. Фотолитографическая линейка, оптическая и проекционная фотолитография.</p> <p>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.</p>	4	Лекция-беседа
7	<p>Тенденции в развитии литографических методов. Неорганические фоторезисты. Нанолитография.</p> <p>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.</p>	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. 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»). 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>	3	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. 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>	9	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 Меррифилду.</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 Меррифилду.</p> <p>Схемы сканирующего и атомно-силового микроскопов, принципы действия, основные узлы, перспективы использования не только для исследований, но и как технологические устройства.</p>	8	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>	4	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. 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>	8	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	6	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
18	Классификация вакуумных насосов, простейшая вакуумная система, основные характеристики и уравнение вакуумной системы, следствия из него. Основные характеристики вакуумных насосов. 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	2	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
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.	3	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.	6	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.	5	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: метод опрессовки, пробного газа, галоидный, гелиевый течеискатели.	7	Лекция-беседа
24	Вакуумные системы. Виды, требования, основные характеристики. Автоматизированные вакуумные системы. Схемы низко-, средне-, высоко- и сверхвысоковакуумных систем. Конструкционные материалы для вакуумной техники. Общие принципы проектирования вакуумных систем: основные требования, предъявляемые к вакуумным системам, выбор конструкционных материалов, элементная база и виды вакуумных систем. Принципиальные схемы вакуумных установок для	7	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	получения низкого, среднего, высокого и сверхвысокого вакуума. Примеры проектировочных расчетов, контроль работы вакуумных установок. Типовые вакуумные системы для основных процессов в производстве материалов и изделий электронной техники		

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
12	Газы и вода в электронной технике, требования к ним, виды, области применения, оборудование газо- и водоподготовки, чистые комнаты. Расчет процессов и установок для осушки газов.	3	
16	Основные процессы планарной технологии: легирование, вакуумные технологии тонких пленок. Расчет процессов вакуумного испарения, катодного распыления, диффузионного легирования, ионной имплантации, процессов с использованием вакуума.	13	

4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
11	Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующий туннельный и атомно-силовой микроскопы. Туннельно-зондовая нанотехнология.	4	
17	Синтез поверхностных структур методом молекулярного наслаивания. Синтез элементоксидных структур на поверхности дисперсных и пористых матриц. Синтез нанопокровов на плоских и волокнистых матрицах. Изучение процесса синтеза в режиме "in situ".	28	
18	Основные характеристики вакуумных насосов. Определение газонатекания в вакуумной установке. Методы определения течей в вакуумной системе. Определение проводимости вакуумных систем.	8	
19	Объемная откачка. Определение быстроты откачки объекта. Синтез тонких пленок в вакуумной установке.	8	
23	Вакуумметрические приборы. Контроль давления в вакуумной системе с применением баротронов. Методы и приборы для отыскания течей.	14	
24	Вакуумные системы. Низковакуумные системы и их эксплуатация. Средне- и высоковакуумные системы. Форбаллоны и их назначение.	6	

4.4. 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	зачет
3	Получение и механическая обработка монокристаллов. Оборудование для резки кристаллов, шлифования и полирования.	5	зачет
4	Оборудование, реагенты и процессы для диффузионного легирования. Конструктивные особенности установок диффузионного легирования, области применения диффузионных процессов.	6	зачет
5	Ионная имплантация, характеристики процесса, оборудование. Требования к установкам ионной имплантации. Применение метода для создания наноструктур.	3	зачет
6	Материалы для литографических процессов в планарной технологии. Неорганические фоторезисты, их недостатки и преимущества перед органическими.	4	зачет
7	Тенденции в развитии литографических методов Пути повышения качества литографических процессов. Приемы нанолитографии.	4	зачет
8	Вакуумные тонкопленочные технологии. Термоокисление кремния, преимущества и недостатки вакуумных технологий и тенденции в их развитии.	4	зачет
9	Основные виды нанотехнологических процессов Кинетические особенности процессов для получения наноматериалов химическим осаждением из газовой фазы. Примеры областей применения ХОГФ.	2	зачет
10	Газофазные нанотехнологии. МЛЭ-МОС процесс, обработка остро сфокусированным пучком ионов. Размерные эффекты и наноматериалы, полученные методом молекулярного наслаивания.	3	зачет
11	Жидкофазные нанотехнологии. Золь-гель процесс и его синтетические возможности. Комбинированные нанотехнологии: темплатный синтез, принц-технология, твердофазный синтез полипептидов по Меррифилду.	15	зачет
12	Газы и вода в электронной технике. Способы и оборудование для очистки газов. Чистые комнаты и тенденции в их развитии.	5	зачет
13	Контрольно - измерительное и испытательное оборудование в электронной и вакуумной технике. Процессы и оборудование для климатических испытаний; способы консервации оборудования и приборов.	10	зачет
14	Проектирования процессов и оборудования и решение при решении экологических проблем.	10	зачет

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
17	Синтез поверхностных структур методом молекулярного наслаивания. Особенности синтеза оксидных, нитридных, сульфидных, углеродных, металлических структур на поверхности твердофазных матриц и изделий.	10	зачет
18	Основные характеристики вакуумных насосов Совместимость работы высоковакуумного и низковакуумного насосов, их графическое определение. Приемы повышения эксплуатационных характеристик вакуумных насосов.	8	зачет
19	Объемная откачка. Особенности конструкции двухроторного насоса Рутса, расчеты коэффициента компрессии и быстроты откачки.	8	зачет
20	Молекулярная откачка. Особенности откачки низко- и высокомолекулярных газов, расчет быстроты откачки.	8	зачет
21	Струйная откачка. Диффузионные насосы, их расчет и конструктивные особенности.	10	зачет
22	Газопоглощающие насосы. Конструкции газопоглощающих насосов криогенного типа, гетеро-ионных и др.	8	зачет
23	Вакуумметрические приборы. Компрессионный манометр Мак-Леода. Градуировка манометров косвенного действия.	6	зачет
24	Вакуумные системы. Вакуумные системы для сверхвысокого вакуума, области их применения, конструктивные особенности	6	зачет

4.5 Курсовая семестровая работа

Основная тематика курсовых работ

6-й семестр

Нанотехнологические процессы и материалы и их применение (конкретная тема определяется по согласованию с преподавателем).

7-й семестр

Вакуумная техника: откачивающие агрегаты, вакуумные системы, вакуумметрические приборы, области применения (конкретная тема определяется по согласованию с преподавателем).

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.

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. Ежовский, Ю.К. Основные расчеты вакуумной техники: учебное пособие / Ю.К.Ежовский, А.А.Малыгин - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 45 с. (ЭБ)
3. Соснов, Е.А. Исследование дисперсных наноматериалов методом атомно-силовой микроскопии: методические указания к лабораторной работе./ Е.А.Соснов, К.Л.Васильева, А.А.Малыгин - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.- 26 с.
4. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие./ Н.В.Захарова, Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 92 с. (ЭБ)
5. Соснов, Е.А. Методы зондовой микроскопии. Сканирующая ионная микроскопия: учебное пособие./ Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 52 с. (ЭБ)
6. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин - СПб: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 74 с. (ЭБ)
7. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: Текст лекций / А.А.Малыгин, А.А.Малков - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 71 с. (ЭБ)
8. Ежовский, Ю.К. Технология функциональных пленочных наноматериалов и наноструктур: Учебное пособие / Ю.К.Ежовский - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 92 с. (ЭБ)

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

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 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 курсовых работ, зачетов и экзаменов включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, входящих в экзаменационный билет:

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 основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература.

1. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К.Ежовский - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.– 108 с. (ЭБ)
2. Ежовский, Ю.К. Технология функциональных пленочных наноматериалов и наноструктур: Учебное пособие / Ю.К.Ежовский - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 92 с. (ЭБ)
3. Ежовский, Ю.К. Основы расчета вакуумной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский, А.А.Малыгин. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 45 с. (ЭБ)
4. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы/ А.А.Елисеев, А.В.Лукашин; под общ. ред. Ю.Д.Третьякова.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 456 с.
5. Захарова, Н.В. Метрологическое обеспечение измерений наноразмерных объектов: учебное пособие./ Н.В.Захарова, Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 92 с. (ЭБ)
6. Малыгин, А.А. Химическая сборка функциональных наноматериалов методом молекулярного наслаивания: конспект лекций / А.А.Малыгин - СПб: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 74 с. (ЭБ)
7. Малыгин, А.А. Проблемно-целевое проектирование научного эксперимента в материаловедении функциональных наноматериалов: текст лекций / А.А.Малыгин - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 40 с. (ЭБ)
8. Малыгин, А.А. Свойства и применение функциональных наноматериалов: Текст лекций / А.А.Малыгин, А.А.Малков - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 71 с. (ЭБ)
9. Научные основы нанотехнологий и новые приборы. Учебник – монография. / Р.Келсалл и [др.] - Долгопрудный: Интеллект, 2011. – 528 с.

10. Рентгеновские трубки: устройство применение, проблемы электрической прочности и нанотехнологические подходы ее повышения: учебное пособие./ Г.Л.Брусилковский, Н.А.Куликов, А.А.Малков и др. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 184 с. (ЭБ)
11. Соснов, Е.А. Методы зондовой микроскопии. Сканирующая ионная микроскопия: учебное пособие./ Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 52 с. (ЭБ)

Дополнительная литература.

1. Гусев, А.И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А.И.Гусев.- М.: Физматлит, 2009.- 415 с.
2. Исследование наноструктур с применением сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие./ К.Л.Васильева, О.М.Ищенко, Е.А.Соснов, А.А.Малыгин - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010.- 64 с. (ЭБ)
3. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий/ Н.Г.Рамбиди, А.В.Березкин. - М.: Физматлит. 2009. – 454 с.
4. Соснов, Е.А. Исследование дисперсных наноматериалов методом атомно-силовой микроскопии: методические указания к лабораторной работе./ Е.А.Соснов, К.Л.Васильева, А.А.Малыгин - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2011.- 26 с. (ЭБ)

Вспомогательная литература.

1. Головин, Ю.И. Введение в нанотехнику / Ю.И.Головин.- М.: Машиностроение, 2007.- 496 с.
2. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В.Л.Миронов.- М.: Техносфера, 2005.- 144 с.
3. Наноматериалы: свойства и перспективные приложения / Отв. ред. А.Б.Ярославцев – М.: Научный мир. 2015. - 456 с.
4. Нанотехнологии в электронике/ Под ред. Ю.А.Чаплыгина.- М.: Техносфера, 2005. - 446 с.
5. Неволин, В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В.К.Неволин - М.: Техносфера, 2006.- 159 с.
6. Соснов, Е.А. Исследование поверхности материалов методом атомно-силовой микроскопии: методические указания к лабораторной работе./ Е.А.Соснов - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.- 36 с.
7. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии:/ В.В.Старостин; под общ. ред. Л.Н.Патрикеева.– М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 431 с.
8. Суздаев, И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П.Суздаев.– М.: Книжный дом «ЛИБРОМ», 2009.– 592 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», 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;
4. elibrary.ru
5. www.nt-mdt.ru
6. www.nanoscopy.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; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Провести проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

Аудиторная часть курса должна сопровождаться интенсивной самостоятельной работой 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.

На лабораторных занятиях после выполнения каждой работы студенты, с использованием компьютеров и соответствующего программного обеспечения, готовят отчеты о ней. Содержание этих отчетов указано в заданиях на лабораторные работы, которые выдаются студентам. При оформлении отчетов необходимо руководствоваться требованиями государственных стандартов и стандартов предприятия.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 5 и 6 семестров в виде зачета в устной форме, а также экзамена в конце 6 и 7 семестров. Результаты зачетов и экзаменов включаются в приложение к диплому.

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

10.1. Информационные технологии.

Чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов, виртуальных лабораторий и баз данных.

10.2. Программное обеспечение.

Представление лекционного материала:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

Программа любого производителя для просмотра файлов *.swf

Проведение лабораторных работ:
ОС – не ниже MacOS X 10.2 Jaguar
SPM NanoEducator control program – NanoEducator 1.6.1
ОС – не ниже MS Windows XP SP3
SPM Solver-P4 control program - DOS Control Program v.7.60
SPM Image Processing - Image Analysis 2.2.0

10.3. Информационные справочные системы.
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>
Страница поддержки пользователей оборудования НТ-МДТ
<http://www.ntmdt.ru/spm-methodologies>

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.

Практические занятия проводятся в специализированной аудитории, отвечающей следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональные компьютеры для обучаемых.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Программное обеспечение для обработки экспериментальных данных.
6. Доступ по локальной сети к сайту библиотеки СПбГИ(ТУ) и сети Internet.

Лабораторные занятия проводятся на базе Учебно-исследовательской лаборатории нанотехнологий на базе СЗМ NanoEducator. Лаборатория должна быть обеспечена:

1. СЗМ NanoEducator (6 рабочих мест, объединенных в локальную сеть).
2. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером.
3. Цветной лазерный принтер
4. Комплект лицензионного программного обеспечения для управления СЗМ.
5. Комплект калибровочных решеток для метрологической аттестации наноструктур.

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 СПбГИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
«Химическая технология наноматериалов и наносистем»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенция		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ОПК-4	Способность сочетать теорию и практику для решения инженерных задач	промежуточный
ПК-6	Способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями.	промежуточный
ПК-7	Способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов	промежуточный
ПК-11	Способность применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов	промежуточный
ПК-16	Способность использовать на производстве знания о традиционных и новых технологических процессах и операциях, нормативных и методических материалах о технологической подготовке производства, качестве, стандартизации и сертификации изделий и процессов с элементами экономического анализа	промежуточный
ПК-17	Способность использовать в профессиональной деятельности основы проектирования технологических процессов, разработки технологической документации, расчетов и конструирования деталей, в том числе с использованием стандартных программных средств	промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает основные понятия нанотехнологии, виды наноматериалов и наносистем; основные области применения наноматериалов и наносистем. Умеет работать с научно-технической литературой	Правильные ответы на вопросы № 1-4 к экзамену	ОПК-4
Освоение раздела № 2	Знает основные понятия нанотехнологии, виды наноматериалов и наносистем; основные области применения наноматериалов и наносистем. Умеет работать с научно-технической литературой	Правильные ответы на вопросы № 5-10 к экзамену	ОПК-4
Освоение раздела № 3	Знает принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение. Умеет работать с научно-технической литературой; проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов.	Правильные ответы на вопросы № 11, 12 к экзамену	ПК-6
	Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения. Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.	Правильные ответы на вопросы № 28-30 к экзамену	ПК-7
Освоение раздела № 4	Знает принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение. Умеет работать с научно-технической литературой; проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов.	Правильные ответы на вопросы № 13, 14 к экзамену	ПК-6

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p>	Правильные ответы на вопрос № 31 к экзамену	ПК-7
Освоение раздела № 5	<p>Знает принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение.</p> <p>Умеет работать с научно-технической литературой; проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов.</p>	Правильные ответы на вопросы № 15, 16 к экзамену	ПК-6
	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p>	Правильные ответы на вопрос № 32 к экзамену	ПК-7
Освоение раздела № 6	<p>Знает принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение.</p> <p>Умеет работать с научно-технической литературой; проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов.</p>	Правильные ответы на вопрос № 17 к экзамену	ПК-6
	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p>	Правильные ответы на вопросы № 33, 34 к экзамену	ПК-7

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>Знает основные области применения наноматериалов и наносистем; принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения; проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований.</p>	<p>Правильные ответы на вопрос № 51 к экзамену</p>	<p>ПК-11</p>
	<p>Знает основные современные технологии и нанотехнологии для создания материалов различного функционального назначения; основные виды нормативных документов в производстве наноматериалов и наносистем; основные подходы для технико-экономического обоснования нового или модернизируемого производства.</p> <p>Умеет выдавать исходные данные для проектирования технологий и материалов; разрабатывать нормативные документы и методические рекомендации для производственных процессов.</p>	<p>Правильные ответы на вопрос № 71 к экзамену</p>	<p>ПК-16</p>
<p>Освоение раздела № 7</p>	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p>	<p>Правильные ответы на вопрос № 35 к экзамену</p>	<p>ПК-7</p>
	<p>Знает основные области применения наноматериалов и наносистем; принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабаты-</p>	<p>Правильные ответы на вопрос № 52 к экзамену</p>	<p>ПК-11</p>

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>вать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения; проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований.</p>		
	<p>Знает основные современные технологии и нанотехнологии для создания материалов различного функционального назначения; основные виды нормативных документов в производстве наноматериалов и наносистем; основные подходы для технико-экономического обоснования нового или модернизируемого производства. Умеет выдавать исходные данные для проектирования технологий и материалов; разрабатывать нормативные документы и методические рекомендации для производственных процессов.</p>	<p>Правильные ответы на вопрос № 72 к экзамену</p>	<p>ПК-16</p>
<p>Освоение раздела № 8</p>	<p>Знает принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение. Умеет работать с научно-технической литературой; проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 18, 19 к экзамену</p>	<p>ПК-6</p>
<p>Освоение раздела № 9</p>	<p>Знает принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение. Умеет работать с научно-технической литературой; проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 20, 21 к экзамену</p>	<p>ПК-6</p>
<p>Освоение раздела № 10</p>	<p>Знает принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение. Умеет работать с научно-технической литературой; проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов.</p>	<p>Правильные ответы на вопрос № 22 к экзамену</p>	<p>ПК-6</p>

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения. Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 36, 37 к экзамену</p>	<p>ПК-7</p>
	<p>Знает основные области применения наноматериалов и наносистем; принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем. Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения; проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований.</p>	<p>Правильные ответы на вопрос № 53 к экзамену</p>	<p>ПК-11</p>
<p>Освоение раздела № 11</p>	<p>Знает основные области применения наноматериалов и наносистем; принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем. Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения; проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 54-56 к экзамену</p>	<p>ПК-11</p>

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 12	<p>Знает основные области применения наноматериалов и наносистем; принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения; проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований.</p>	Правильные ответы на вопросы № 57, 58 к экзамену	ПК-11
	<p>Знает принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем;</p> <p>Умеет проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований;</p> <p>Владеет методами проектирования нанотехнологического оборудования, процессов, наноматериалов и наносистем</p>	Правильные ответы на вопросы № 89, 90 к экзамену	ПК-17
Освоение раздела № 13	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p>	Правильные ответы на вопрос № 38 к экзамену	ПК-7
	<p>Знает основные области применения наноматериалов и наносистем; принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные резуль-</p>	Правильные ответы на вопросы № 59, 60 к экзамену	ПК-11

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	таты с использованием современного программного обеспечения; проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований.		
Освоение раздела № 14	Знает принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение. Умеет работать с научно-технической литературой; проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов.	Правильные ответы на вопрос № 23 к экзамену	ПК-6
	Знает основные современные технологии и нанотехнологии для создания материалов различного функционального назначения; основные виды нормативных документов в производстве наноматериалов и наносистем; основные подходы для технико-экономического обоснования нового или модернизируемого производства. Умеет выдавать исходные данные для проектирования технологий и материалов; разрабатывать нормативные документы и методические рекомендации для производственных процессов.	Правильные ответы на вопросы № 73-77 к экзамену	ПК-16
Освоение раздела № 15	Знает принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение. Умеет работать с научно-технической литературой; проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов.	Правильные ответы на вопросы № 24, 26 к экзамену	ПК-6
	Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения. Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.	Правильные ответы на вопросы № 39, 40 к экзамену	ПК-7

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 16	<p>Знает основные современные технологии и нанотехнологии для создания материалов различного функционального назначения; основные виды нормативных документов в производстве наноматериалов и наносистем; основные подходы для технико-экономического обоснования нового или модернизируемого производства.</p> <p>Умеет выдавать исходные данные для проектирования технологий и материалов; разрабатывать нормативные документы и методические рекомендации для производственных процессов.</p>	Правильные ответы на вопросы № 78, 79 к экзамену	ПК-16
Освоение раздела № 17	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p>	Правильные ответы на вопрос № 41 к экзамену	ПК-7
	<p>Знает основные области применения наноматериалов и наносистем; принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения; проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований.</p>	Правильные ответы на вопросы № 61, 62 к экзамену	ПК-11
	<p>Знает основные современные технологии и нанотехнологии для создания материалов различного функционального назначения; основные виды нормативных документов в производстве наноматериалов и наносистем; основные подходы для технико-экономи-</p>	Правильные ответы на вопрос № 80 к экзамену	ПК-16

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>ческого обоснования нового или модернизируемого производства.</p> <p>Умеет выдавать исходные данные для проектирования технологий и материалов; разрабатывать нормативные документы и методические рекомендации для производственных процессов.</p>		
Освоение раздела № 18	<p>Знает принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение.</p> <p>Умеет работать с научно-технической литературой; проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов.</p>	Правильные ответы на вопросы № 27 к экзамену	ПК-6
	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p>	Правильные ответы на вопросы № 42, 43 к экзамену	ПК-7
Освоение раздела № 19	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p>	Правильные ответы на вопросы № 44, 45 к экзамену	ПК-7
	<p>Знает основные области применения наноматериалов и наносистем; принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного</p>	Правильные ответы на вопросы № 63, 64 к экзамену	ПК-11

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	программного обеспечения; проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований.		
	Знает основные современные технологии и нанотехнологии для создания материалов различного функционального назначения; основные виды нормативных документов в производстве наноматериалов и наносистем; основные подходы для технико-экономического обоснования нового или модернизируемого производства. Умеет выдавать исходные данные для проектирования технологий и материалов; разрабатывать нормативные документы и методические рекомендации для производственных процессов.	Правильные ответы на вопрос № 81 к экзамену	ПК-16
Освоение раздела № 20	Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения. Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.	Правильные ответы на вопрос № 46 к экзамену	ПК-7
	Знает основные области применения наноматериалов и наносистем; принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем. Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения; проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований.	Правильные ответы на вопрос № 65 к экзамену	ПК-11

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>Знает основные современные технологии и нанотехнологии для создания материалов различного функционального назначения; основные виды нормативных документов в производстве наноматериалов и наносистем; основные подходы для технико-экономического обоснования нового или модернизируемого производства.</p> <p>Умеет выдавать исходные данные для проектирования технологий и материалов; разрабатывать нормативные документы и методические рекомендации для производственных процессов.</p>	Правильные ответы на вопросы № 82, 83 к экзамену	ПК-16
Освоение раздела № 21	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p> <p>Знает основные области применения наноматериалов и наносистем; принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения; проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований.</p>	<p>Правильные ответы на вопрос № 47 к экзамену</p> <p>Правильные ответы на вопросы № 66, 67 к экзамену</p>	ПК-7 ПК-11
Освоение раздела № 22	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанообъектов и наноматериалов различной химической природы и строения.</p> <p>Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабаты-</p>	Правильные ответы на вопрос № 48 к экзамену	ПК-7

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>вать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p>		
	<p>Знает основные области применения наноматериалов и наносистем; принципы конструирования функциональных наноматериалов и наносистем. Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения; проектировать процессы и оборудование для получения функциональных наноматериалов с учетом экономичности, надежности и долговечности, а также экологических требований.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 68-70 к экзамену</p>	<p>ПК-11</p>
<p>Освоение раздела № 23</p>	<p>Знает принципы и виды нанотехнологических процессов и оборудования; основные виды наноматериалов и наносистем и их функциональное назначение. Умеет работать с научно-технической литературой; проводить экспериментальные исследования по синтезу и исследованию наноматериалов.</p>	<p>Правильные ответы на вопрос № 25 к экзамену</p>	<p>ПК-6</p>
	<p>Знает методические особенности проведения исследований нанобъектов и наноматериалов различной химической природы и строения. Умеет проводить исследования наноразмерных материалов с использованием различных методов, обрабатывать, анализировать и корректно интерпретировать полученные результаты с использованием современного программного обеспечения.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 49, 50 к экзамену</p>	<p>ПК-7</p>
	<p>Знает основные современные технологии и нанотехнологии для создания материалов различного функционального назначения; основные виды нормативных документов в производстве наноматериалов и наносистем; основные подходы для технико-экономического обоснования нового или</p>	<p>Правильные ответы на вопрос № 84 к экзамену</p>	<p>ПК-16</p>

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	модернизируемого производства. Умеет выдавать исходные данные для проектирования технологий и материалов; разрабатывать нормативные документы и методические рекомендации для производственных процессов.		
Освоение раздела № 24	Знает основные современные технологии и нанотехнологии для создания материалов различного функционального назначения; основные виды нормативных документов в производстве наноматериалов и наносистем; основные подходы для технико-экономического обоснования нового или модернизируемого производства. Умеет выдавать исходные данные для проектирования технологий и материалов; разрабатывать нормативные документы и методические рекомендации для производственных процессов.	Правильные ответы на вопросы № 85-88 к экзамену	ПК-16

Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации в форме **зачета**, в соответствии с СТО СПбГТИ(ТУ), оценивается в виде – «зачтено», «не зачтено».

Успешность усвоения дисциплины в процессе экзамена характеризуется качественной оценкой на основании таблицы оценки сформированности компетенций, включающего совокупность критериев их освоения и выражается оценкой по пятибалльной шкале.

Качество освоения дисциплины	Уровень освоения дисциплины	Отметка в 5-балльной системе	Критерии
81-100 %	высокий	отлично	Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные рабочей программой дисциплины учебные задания выполнены.
66-80 %	средний	хорошо	Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные рабочей программой дисциплины учебные задания выполнены, некоторые виды заданий выполнены с ошибками

Качество освоения дисциплины	Уровень освоения дисциплины	Отметка в 5-балльной системе	Критерии
51-65 %	средний	удовлетворительно	Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
0-50 %	ниже среднего	неудовлетворительно	Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено, не может объяснить результаты лабораторных работ, при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

а) Основная тематика курсовых работ

6-й семестр

Нанотехнологические процессы и материалы и их применение (конкретная тема определяется по согласованию с преподавателем).

7-й семестр

Вакуумная техника: откачивающие агрегаты, вакуумные системы, вакуумметрические приборы, области применения (конкретная тема определяется по согласованию с преподавателем).

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-4:

1. Общие сведения о материалах электронной техники, их классификация и назначение.
2. 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.
3. Технологии и типовое оборудование для получения тонких пленок
4. Классификация методов получения тонких пленок: термовакuumное испарение, катодное, ионно-плазменное и магнетронное распыление, пиролитическое осаждение, газофазное химическое осаждение; схемы установок и принцип их действия.
5. Основные принципы нанотехнологии, примеры различных видов нанотехнологических процессов.
6. Важность защиты окружающей среды от вредных продуктов производства и как один из главных путей решения экологических проблем - создание безотходных и малоотходных процессов.
7. Основные этапы и оборудование для получения полупроводниковых материалов и ИМС.
8. Общая технологическая схема производства полупроводниковых приборов: подготовительные процессы, групповая обработка, индивидуальная обработка.
9. Перспективы развития технологии оборудования для получения тонких пленок.
10. Тенденции развития технологии и оборудования в производстве материалов и изделий электронной техники.

в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-6:

11. Механическая обработка полупроводниковых материалов.
12. Абразивные материалы: виды, характеристики, требования.
13. Диффузия в планарной технологии: физико-химические основы диффузионных процессов, вещества - диффузенты и требования к ним.
14. Способы проведения диффузии, двухстадийная диффузия, понятия «загонки» и «разгонки», схемы установок.
15. Физико-химические основы ионной имплантации, вещества - источники легирующих добавок.
16. Схема, принцип действия и основные узлы установки ионной имплантации:
17. Технология и оборудование для формирования изображения в планарной технологии
18. Установки катодного распыления и их основные характеристики.
19. Вакуумное испарение.
20. Физико-химические основы нанотехнологии, технологические приемы и оборудование.
21. Химические методы получения тонких пленок, в том числе, с применением иницирующих воздействий. Основные способы и оборудование для химического осаждения пленок из газовой фазы.
22. Макрокинетика процессов в системе газ – слой сыпучего материала, области протекания взаимодействий, приемы регулирования.
23. Конструкционные материалы в электронной и вакуумной технике.
24. Основные постулаты в физике вакуума.
25. Основные химико-технологические параметры процессов в микроэлектронике и вакуумной технике.
26. Газовые законы и их применение в вакуумной технике.
27. Классификация вакуумных насосов: основные виды, основные характеристики вакуумных насосов (определения и графические зависимости).

г) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-7:

28. Оборудование для разрезания кристаллов на отдельные пластины
29. Способы и оснастка для разделения пластин на отдельные кристаллы.
30. Способы и оборудования для шлифования и полирования полупроводниковых пластин.
31. Типовое оборудование диффузионных процессов: реакционные камеры, автозагрузчики, блок автоматизированного управления и т.д.
32. Методы расчета процессов ионной имплантации и диффузионного легирования: прямая и обратная задачи.
33. Виды литографических процессов, нанолитография.
34. Фоторезисты, виды и их основные характеристики.
35. Неорганические фоторезисты.
36. Оборудование для проточной, вакуумной и проточно-вакуумной технологии молекулярного наслаивания.
37. Физические основы туннельно-зондовой нанотехнологии.
38. Оборудование для контроля качества тонких пленок.
39. Основное уравнение вакуумной системы.
40. Основные характеристики вакуумных насосов.
41. Установки и оборудование для проточного и вакуумного вариантов технологии химической сборки материалов и изделий электронной техники.
42. Оборудование для получения вакуума - вакуумные насосы.
43. Простейшая вакуумная система. Основное уравнение вакуумной системы: вывод, основные определения и следствия; определение времени откачки объекта.
44. Принципы объемной откачки, диаграмма объемной откачки.
45. Вредное пространство, балластный газ.
46. Виды молекулярной откачки.

47. Виды струйной откачки, принципы действия струйных насосов.
48. Виды и принципы действия газопоглащающих насосов.
49. Приборы для измерения температуры, давления, количества и расхода, влажности.
50. Вакуумметрические приборы. Методы и оборудование для оценки герметичности вакуумных установок и отыскания течей.

д) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-11:

51. Способы нанесения фоторезистов на поверхность пластин.
52. Контактная нанолитография.
53. Химические основы нанотехнологии на принципах метода МН.
54. Пленки Ленгмюра-Блоджетт в электронной технике: основы процесса их получения, схема установки и ее технологические характеристики.
55. Золь-гель технология.
56. Темплатный синтез.
57. Вакуумная гигиена, технология и оборудование газо- и водоподготовки на предприятиях электронной промышленности
58. Вопросы газо- и водоподготовки в технологии микрочипов: виды используемых газов и их назначение, требования к газам, оборудование для осушки и очистки азота, кислорода, водорода, аргона, воздуха.
59. Методы, оснастка и оборудование для повышения надежности изделий электронной техники в процессе производства, хранения и эксплуатации: стабилизация газовой среды во внутреннем объеме герметичных изделий, влаго-, газопоглощающие материалы и патроны, методы их расчета и проектирования.
60. Защита материалов и оборудования от коррозии. Методы консервации оборудования, ингибиторы коррозии.
61. Классификация реакций в методе молекулярного наслаивания.
62. Структурно-размерные эффекты в продуктах молекулярного наслаивания.
63. Пластинчато-роторные насосы и их характеристики.
64. Двухроторный насос Рутса и его характеристики.
65. Молекулярные и турбомолекулярные насосы, их схемы и характеристики.
66. Диффузионные насосы одно- и многоступенчатые.
67. Ловушки в вакуумной технике: их назначение, требования к ним, примеры конструкций
68. Адсорбционные насосы: некоторые виды и параметры адсорбентов, принцип действия адсорбционных насосов, основные характеристики.
69. Геттеры, основные понятия, виды, требования к ним. Геттерные насосы: схемы, принцип действия, виды испарителей, основные характеристики насосов. Ионно-геттерные насосы.
70. Криогенные вакуумные насосы.

е) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-16:

71. Фотошаблоны: виды и технология получения.
72. Туннельно-зондовая нанолитография
73. Природоохранительные мероприятия в производстве материалов и изделий электронной техники.
74. Классификация промышленных отходов и возможные пути решения экологических проблем. Общие проблемы переработки отходов. Понятие безотходной и малоотходной технологии. Пути создания безотходных производств, исходные данные для проектирования.
75. Основные виды загрязнений в производстве материалов и изделий электронной техники. Пути повышения чистоты и экологической безопасности процессов на предприятиях электронной промышленности. Особенности решения экологических проблем на предприятиях электронной промышленности.

76. Экологические проблемы современных технологий, основные пути их решения при разработке и проектировании оборудования.
77. Особенности решения экологических проблем в микроэлектронике при проектировании новых технологических процессов.
78. Технологии легирования полупроводников и физико-термическое оборудование в производстве интегральных схем.
79. Методы расчета процессов напыления в вакууме и катодного распыления. Технология эпитаксиальных слоев. Установка молекулярно - лучевой эпитаксии.
80. Многосекционный колонный аппарат молекулярного наслаивания.
81. Геометрическая и реальная быстрота объемной откачки.
82. Схема вакуумной системы при совместной работе форвакуумного и турбомолекулярного насосов.
83. Форвакуумный баллон: назначение и расчет.
84. Технология сборки приборов и повышение надежности изделий электронной техники.
85. Вакуумные системы основных процессов планарной технологии.
86. Общие принципы проектирования вакуумных систем: основные требования, предъявляемые к вакуумным системам, выбор конструкционных материалов, элементная база и виды вакуумных систем.
87. Принципиальные схемы вакуумных установок для получения низкого, среднего, высокого и сверхвысокого вакуума. Примеры проектировочных расчетов, контроль работы вакуумных установок.
88. Типовые вакуумные системы для основных процессов в производстве материалов и изделий электронной техники

ж) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-17:

89. Чистые комнаты, их классификация, основные контролируемые и регулируемые параметры производственных помещений. Требования к персоналу производственных помещений.
90. Требования к воде и оборудование для ее подготовки и контроля; дистиллированная и деионизованная вода.

К экзаменам допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Каждый экзамен включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала.

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

4. 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.