

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
 ФЕДЕРАЦИИ
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
 образования
 "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
 АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 23

УТВЕРЖДАЮ
 Руководитель направления
 профессор, д-р техн. наук
 (должность, уч. степень, звание)
 О.П. Куркова
 (инициалы, фамилия)
 (подпись)
 «22» 06 2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

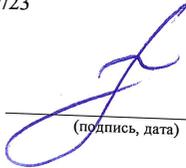
«Физическо-химические основы технологии ЭС»
 (Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.03.03
Наименование направления подготовки/ специальности	Конструирование и технология электронных средств
Наименование направленности	Проектирование и технология электронно- вычислительных средств
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2023

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)
 Ст. преподаватель
 (должность, уч. степень, звание)  С.И. Ян
 (подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 23
 «05» 06 2023 г., протокол № 7/23
 Заведующий кафедрой № 23
 д.т.н., проф.
 (уч. степень, звание)  А.Р. Бестугин
 (подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 11.03.03(01)
 (должность, уч. степень, звание)  О.П. Куркова
 (подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе
 доц., к.т.н., доц.
 (должность, уч. степень, звание)  О.Л. Балышева
 (подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Физическо-химические основы технологии ЭС» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств » направленности «Проектирование и технология электронно-вычислительных средств». Дисциплина реализуется кафедрой «№23».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-13 «Способен осуществлять проработку маршрута изготовления электронных средств и кабелей, электронных изделий типа "система в корпусе"»

ПК-15 «Способен осуществлять расчет норм расхода основных и вспомогательных материалов, покупных комплектующих изделий (ПКИ), необходимых для изготовления электронных средств и кабелей, а также для отработки технологических операций»

ПК-16 «Способен осуществлять отработку технологических операций сборки и монтажа электронных средств и кабелей»

ПК-18 «Способен разрабатывать мероприятия, направленные на бездефектное выполнение технологических операций»

ПК-19 «Способен осуществлять разработку технических заданий на проектирование средств технологического оснащения (приспособлений, инструмента) и нестандартного оборудования»

ПК-20 «Способен осуществлять установление причин возникновения отклонений от требований КД и ТД при выполнении технологических операций, в том числе выявлять брак кристаллов и компонентов при изготовлении изделий типа "система в корпусе"»

ПК-21 «Способен выполнять экспериментальные и теоретические научно-исследовательские работы при исследовании электронных средств и электронных систем в процессе их создания, разрабатывать тестовые воздействия и наборы тестов для электронных средств и электронных систем, поведенческие модели электронного оборудования»

ПК-23 «Способен исследовать, выявлять и анализировать причины, последствия и критичность отказов электронных средств при отработке и в процессе эксплуатации, группировку (систематизацию) отказов по степени сложности и важности»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением общих физико-химических закономерностей, лежащих в основе технологических процессов электроники и микроэлектроники.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины «Физико-химические основы технологии электронных средств» являются формирование у студентов представлений об общих физико-химических закономерностях, отражающих взаимосвязь между составом, структурой, свойствами и условиями получения полупроводниковых материалов и структур, формирование теоретического фундамента по технологии изделий микроэлектроники и технологии производства электронных приборов, развитие современного физико-химического мышления, помогающего в освоении последующих технологических дисциплин.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-13 Способен осуществлять проработку маршрута изготовления электронных средств и кабелей, электронных изделий типа "система в корпусе"	ПК-13.3.1 знает типовые директивные технологии и основное обеспечивающее технологическое оборудование для изготовления электронных средств различных видов, в том числе изделий типа "система в корпусе" ПК-13.У.1 умеет разрабатывать и оптимизировать маршруты изготовления изделий с использованием специальных прикладных компьютерных программ
Профессиональные компетенции	ПК-15 Способен осуществлять расчет норм расхода основных и вспомогательных материалов, покупных комплектующих изделий (ПКИ), необходимых для изготовления электронных средств и кабелей, а также для отработки технологических операций	ПК-15.3.1 знает методики расчета норм расхода основных и вспомогательных материалов, ПКИ
Профессиональные компетенции	ПК-16 Способен осуществлять отработку технологических операций сборки и	ПК-16.3.1 знает основополагающие физические процессы технологических операций сборки и монтажа электронных средств и кабелей ПК-16.У.1 умеет осуществлять отработку

	монтажа электронных средств и кабелей	операций сборки и монтажа электронных средств и кабелей
Профессиональные компетенции	ПК-18 Способен разрабатывать мероприятия, направленные на бездефектное выполнение технологических операций	ПК-18.3.1 знает основные допустимые и недопустимые технологические дефекты при выполнении технологических операций, в том числе при изготовлении электронных изделий типа "система в корпусе" ПК-18.У.1 умеет идентифицировать и анализировать выявленные технологические дефекты ПК-18.В.1 владеет навыками разработки мероприятий, направленных на бездефектное выполнение технологических операций
Профессиональные компетенции	ПК-19 Способен осуществлять разработку технических заданий на проектирование средств технологического оснащения (приспособлений, инструмента) и нестандартного оборудования	ПК-19.3.1 знает номенклатуру и характеристики основного оборудования и оснастки, необходимых для выполнения технологических операций ПК-19.У.1 умеет разрабатывать технические задания на проектирование средств технологического оснащения и нестандартного оборудования, в том числе для обеспечения автоматизации выполнения технологических операций ПК-19.В.1 владеет навыками обоснования необходимости проектирования и изготовления нестандартных средств технологического оснащения и нестандартного оборудования
Профессиональные компетенции	ПК-20 Способен осуществлять установление причин возникновения отклонений от требований КД и ТД при выполнении технологических операций, в том числе выявлять брак кристаллов и компонентов при изготовлении изделий типа "система в корпусе"	ПК-20.3.1 знает порядок технологического сопровождения процессов изготовления электронных средств и кабелей, установления причин возникновения отклонений от требований КД и ТД при выполнении технологических операций ПК-20.У.1 умеет определять и анализировать выявленные отклонений от требований КД и ТД ПК-20.В.1 владеет навыками установление причин возникновения отклонений от требований КД и ТД при выполнении технологических операций ПК-20.В.2 владеет навыками разработки проекта мероприятий по предупреждению отклонений от требований КД и ТД, в том числе с использованием прикладных компьютерных программ
Профессиональные компетенции	ПК-21 Способен выполнять экспериментальные и теоретические научно-	ПК-21.3.1 знает методологию проведения экспериментальных и теоретических исследований

	исследовательские работы при исследовании электронных средств и электронных систем в процессе их создания, разрабатывать тестовые воздействия и наборы тестов для электронных средств и электронных систем, поведенческие модели электронного оборудования	
Профессиональные компетенции	ПК-23 Способен исследовать, выявлять и анализировать причины, последствия и критичность отказов электронных средств при отработке и в процессе эксплуатации, группировку (систематизацию) отказов по степени сложности и важности	ПК-23.3.2 знает возможные причины отказов электронных средств в процессе эксплуатации

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»,
- «Химия»,
- «Материаловедение»,
- «Технология конструкционных материалов»,
- «Электроника».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Интегральные устройства микроэлектроники»,
- «Конструирование модулей электронных средств»,
- «Технология производства электронных средств»,

- «Конструирование и технология устройств МСТ»,
- «Технология сборки и монтажа».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№5
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	34	34
Аудиторные занятия, всего час.	68	68
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	45	45
Самостоятельная работа, всего (час)	31	31
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Термодинамический и молекулярно-атомарный подход к описанию технологических процессов.	2	-	-	-	3
Раздел 2. Физико-химические основы процессов удаления пленок с поверхности твердого тела	4	-	-	-	4
Раздел 3. Физико-химические основы процессов образования новой фазы на поверхности твердого тела	8	-	-	-	5
Раздел 4. Физико-химические основы процессов введения примесей	4	-	10	-	5
Раздел 5. Физико-химические основы процессов <u>литографии</u>	6	-	12	-	4
Раздел 6. Физико-химические основы процессов лазерной, фотонной и электронно-лучевой обработки.	4	-	-	-	5

Раздел 7. Физико-химические основы получения неразъемных соединений	6	-	12	-	5
Итого в семестре:	34		34		31
Итого	34	0	34	0	31

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p><i>Тема 1.1 - Технологический процесс как термодинамическая система. Внутренняя энергия системы. Параметры состояния системы. Описание параметров, их взаимосвязь и взаимозависимость</i></p> <p><i>Тема 1.2 - Молекулярно-атомарный подход к описанию технологических процессов. Кинетика технологических процессов. Поток, как основная кинетическая характеристика системы. Характеристики потока. Константа скорости реакции. Энергия активации.</i></p>
2	<p><i>Тема 2.1 Физико-химические основы поверхностных процессов. Термодинамика чистой поверхности. Поверхностное натяжение. Смачивание. Методы определения поверхностного натяжения. Поверхностно-активные вещества. Закономерности и природа адгезии. Адгезионные структуры.</i></p> <p><i>Тема 2.2 Закономерности травления. Скорость травления. Энергия активации. Анизотропное травление, селективное травление, локальное травление. Термодинамика анизотропного травления. Возможности анизотропного травления.</i></p> <p><i>Тема 2.3 Физическое, ионное, плазмохимическое травление.</i></p>
3	<p><i>Тема 3.1 Термодинамика образования зародышевой пленки. Критический радиус и критическая энергия зародыша. Способы образования критических и закритических зародышей. Теория Гиббса. Теория Френкеля.</i></p> <p><i>Тема 3.2 Понятие эпитаксии. Гомоэпитаксия и гетероэпитаксия. Эпитаксия из паровой, газовой и жидкой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Механизм формирования гетероэпитаксиальных структур методом МЛЭ.</i></p> <p><i>Тема 3.3 Эпитаксия из газовой фазы. Хлоридный и силановый методы.</i></p> <p><i>Тема 3.4. Эпитаксия из жидкой фазы бинарных полупроводников.</i></p> <p><i>Тема 3.5 Физико-химические основы термовакuumного испарения и осаждения материалов. Испарение чистых металлов в вакууме. Механизм испарения. Температура испарения, скорость испарения. Испарение сплавов и химических соединений. Электронно-лучевые и лазерные методы испарения. Кинетика и механизм осаждения.</i></p> <p><i>Тема 3.6 Физико-химические основы ионных, ионно-плазменных, плазмохимических методов нанесения пленок. Аномальный тлеющий разряд. Элементы импульсной теории ионного распыления. Коэффициент ионного распыления и его зависимость от материала мишени. Катодное распыление. Плазмохимическое и магнетронное осаждение. Кинетика и механизм осаждения.</i></p>

4	<p><i>Тема 4.1 Физико-математические основы процессов диффузии. Поток, как основная кинетическая характеристика системы. Характеристики потока. Источники и стоки системы, основы кинетики процессов. Законы Фика. Механизмы диффузии. Кинетика диффузии. Решения уравнения диффузии. Диффузия из ограниченного и неограниченного источников.</i></p> <p><i>Тема 4.2 Физические основы ионной имплантации. Распределение примесей и пробегов ионов при внедрении в аморфную мишень. Распределение пробегов ионов в монокристаллических подложках. Эффект каналирования. Аморфизация и рекристаллизация кремния после имплантации.</i></p>
5	<p><i>Тема 5.1 Фотохимическое воздействие на вещество. Основные законы фотохимии. Основные типы фотохимических реакций. Квантовый выход. Воздействие актиничного излучения на чувствительные материалы. Фоторезисты, рентгенорезисты, электронорезисты, ионорезисты.</i></p> <p><i>Тема 5.2 Фотохимические и физико-химические процессы получения скрытого и видимого изображения. Свойства фоторезистов. Светочувствительность, разрешающая способность фоторезистов.</i></p> <p><i>Тема 5.3 Негативные фоторезисты. Позитивные фоторезисты. Физико-химическая сущность процессов нанесения, экспонирования, проявления. Растворители, проявители. Контрастность, стойкость к последующим технологическим воздействиям. Методы термообработки, удаления, механизм удаления.</i></p> <p><i>Тема 5.4 Контактная и проекционная микролитографии, их разновидности. Фотошаблоны, рентгеношаблоны, электрошаблоны, ионошаблоны.</i></p>
6	<p><i>Тема 6.1 Лазерная обработка. Энергетические характеристики лазерного излучения. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Основные модели разрушения материала — тепловая, газокинетическая. Нагрев без разрушения. Применение лазерного излучения для упрочнения поверхности, рекристаллизации и отжига слоев. Применение лазерного излучения для химико-термических процессов в технологии ЭС. Лазерная сварка.</i></p> <p><i>Тема 6.2 Фотонная обработка. Энергетические параметры фотонных ламп. Фотонный отжиг, плавление, рекристаллизация. Электронно-лучевая обработка. Энергетические параметры электронного пучка. Электронно-лучевой отжиг, рекристаллизация, плавление. Электронно-лучевая сварка.</i></p>
7	<p><i>Тема 7.1 Сварка. Механизм образования сварных соединений. Виды сварных соединений: гомогенные, интерметаллические, диффузионные. Стадии формирования сварного соединения. Сварка плавлением. Сварка давлением. Термокомпрессионная сварка. Ультразвуковая сварка.</i></p> <p><i>Тема 7.2 Механизм образования и структура паяных соединений. Припой. Диаграмма состояния сплава олово-свинец. Флюсы. Механизм действия. Роль флюса в процессе пайки. Холодная пайка. Припойные пасты. Бессвинцовая пайка.</i></p> <p><i>Тема 7.3 Клеевые соединения. Клеи, их разновидности. Подготовка поверхности для склеивания. Механизм склеивания. Прочность адгезионных соединений. Долговечность и разрушение адгезионных соединений. Клеи для микроконтактирования, контактол.</i></p>

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5				
1	Исследование распределения удельного поверхностного сопротивления резистивной пленки	8		3
2	Исследование процесса термовакуумного напыления резистивных пленок	8		3
3	Исследование процесса диффузии примеси в полупроводник из постоянного источника	10		4
4	Исследование и оптимизация параметров сварки элементов интегральных микросхем	8		7
Всего		34		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	15	
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	3	
Домашнее задание (ДЗ)	10	
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	3	
Всего:	31	31

5. Перечень учебно-методического обеспечения
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
538.9.Б 26	В.И.Томилин. Физико-химические основы технологии ЭС. Учебник. Серия: Высшее профессиональное образование. Академия, 2010. 416с.	
621.38(075) С 50	Барыбин А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы. – М.; ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 424 с. Смирнов, В. И. Физико-химические основы технологии электронных средств: учебное пособие / В. И. Смирнов. - Ульяновск: УлГТУ, 2005.- 112 с. Валетов В.А., Кузьмин Ю.П., Орлова А.А., Третьяков С.Д. Технология приборостроения: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. - 336 с. Ларин В.П. Технология пайки. Методы исследования процессов пайки и паяных соединений: Учеб. пособие / СПбГУАП. - СПб., 2002. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств. – М.: Техносфера. 2007	
38.844.К 60	Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебное пособие. - СПб.: Издательство «Лань», 2007. - 400 с	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов
информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
http://lib.aanet.ru/	Доступ в ЭБС «Лань» осуществляется по договору № 26 и №27 от 31.01.2023 Доступ в ЭБС «ZNANIUM» осуществляется по договору № 058от 27.02.2023 Доступ в ЭБС «ЮРАЙТ» осуществляется по договору № 257 от

	29.05.2023

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	14-06Г
2	Специализированная лаборатория	14-06В

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты; Задачи; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Поверхностное натяжение. Смачивание, адгезия и капиллярные явления.	ПК-13.3.1
2	Очистка подложек. Физические методы очистки.	ПК-13.3.1
3	Очистка подложек. Химические методы очистки.	ПК-13.У.1
4	Методы контроля чистоты подложки.	ПК-13.У.1
5	Технологические атмосферы и среды	ПК-15.3.1
6	Параметры атмосферы. Герметичные скафандры.	ПК-15.3.1
7	Диффузия. Уравнения Фика.	ПК-16.3.1
8	Диффузия из постоянного источника.	ПК-16.3.1
9	Диффузия из слоя конечной толщины.	ПК-16.У.1
10	Диффузия из бесконечно тонкого слоя.	ПК-16.У.1
11	Диффузианты. Техническая реализация процессов	ПК-18.3.1

	диффузии.	
12	Ионное легирование. Аморфная мишень.	ПК-18.3.1
13	Ионное легирование. Канальный эффект.	ПК-18.У.1
14	Ионное легирование. Техническая реализация.	ПК-18.У.1
15	Литография. Фотолитография.	ПК-18.В.1
16	Фотолитография. Законы фотохимии.	ПК-18.В.1
17	Негативные фоторезисты.	ПК-19.3.1
18	Позитивные фоторезисты.	ПК-19.3.1
19	Фоторезисты. Светочувствительность. Разрешающая способность. Кислотостойкость.	ПК-19.У.1
20	Технологический процесс фотолитографии.	ПК-19.У.1
21	Методы изготовления фотошаблонов. Опτικο-механический метод изготовления.	ПК-19.В.1
22	Методы изготовления фотошаблонов. Генераторы изображения.	ПК-19.В.1
23	Рентгенолитография. Рентгенорезисты. Рентгеношаблоны	ПК-20.3.1
24	Электронолитография. Электронорезисты. Взаимодействие электронов с резистом	ПК-20.3.1
25	Вакуум. Характеристики вакуума. Низкий, средний, высокий и сверхвысокий вакуум.	ПК-20.У.1
26	Вакуумные методы нанесения пленок. Термовакuumное испарение.	ПК-20.У.1
27	Ионные методы нанесения. Катодное распыление.	ПК-20.В.1
28	Коэффициент распыления	ПК-20.В.1
29	Ионно-плазменное распыление.	ПК-20.В.2
30	Магнетронное распыление.	ПК-20.В.2
31	Сварка плавлением. Сварка давлением.	ПК-21.3.1
32	Пайка. Припой. Флюсы. Роль флюса в процессе пайки.	ПК-21.3.1
33	Термокомпрессионная сварка.	ПК-23.3.2
34	Сварка расщепленным электродом.	ПК-23.3.2

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
(Ниже приводятся рекомендации по составлению данного раздела)

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*.

Конспект лекций в информационной системе кафедры
Филатов_ФХОТЭС_Конспект

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

МУ в информационной системе кафедры
Филатов_ФХОТ_МУ по ЛР

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

МУ в информационной системе кафедры
Филатов_ФХОТЭС_МУ по СРС

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой