

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

Институт информатики, электроники и робототехники

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы

_____ А.М. Кармоков

«_____» _____ 2021 г.

**Кафедра электроники и цифровых информацион-
ных
тех-
но-
логий**

УТВЕРЖДАЮ

Директора института

_____ Черкесова Н.В.

«_____» _____ 2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.06 «Технология производства РЭС»

Направление подготовки

11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств

Профиль: **Конструирование и технология радиоэлектронных средств**

Квалификация (степень) выпускника:

Бакалавр

Форма обучения:

Очная

Нальчик 2021

Рабочая программа дисциплины: **Технология производства электронных средств** /
сост. Гаев Д.С. – Нальчик: КБГУ, 2021- 21с.

Рабочая программа дисциплины предназначена для студентов очной формы обучения направления подготовки по направлению подготовки 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств, 7,8 семестра, 4 курса.

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017г за № 928.

Содержание

1. Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
4. Содержание и структура дисциплины.....	5
4.1. Содержание разделов дисциплины.....	5
4.2. Структура дисциплины.....	6
4.3. Лекционные занятия.....	6
4.4. Практические (Семинарские) занятия.....	7
4.5. Лабораторные работы.....	7
4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины.....	7
4.7. Курсовая работа.....	7
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	7
5.1. Коллоквиум.....	8
5.2. Тесты.....	11
5.4. Промежуточная аттестация.....	15
7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности.....	17
8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	18
9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий.....	19
10. Материально-техническое обеспечение работы.....	19
Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля).....	22

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины – изучение сложного комплекса технологических процессов и нормативных документов, необходимых для изготовления электронных средств и решения задач, возникающих при изготовлении, эксплуатации и ремонте электронных систем, включая разработку необходимой технологической документации.

Задачи дисциплины:

- обучение студентов существующим современным технологическим операциям, позволяющим проводить целенаправленный технологический процесс изготовления радиоэлектронных средств и систем;
- обеспечение системного подхода при решении задач, связанных с проектированием технологии радиоэлектронных средств и систем.
- ознакомление будущего инженера-конструктора-технолога с технологическими процессами, протекающими при изготовлении электронной аппаратуры и научить решать
- подготовка обучаемого к самостоятельной работе в области технологии электронных средств, с учётом действия нормативных документов.

Изучение дисциплины направлено на подготовку специалистов, способных решать проблемы, возникающие при эксплуатации изделий электронной техники с учетом области, типов и задач профессиональной деятельности в соответствии с профессиональными стандартами:

- 06.005 «Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 31 июля 2019 года N 540н (зарегистрирован в Минюсте РФ 28 августа 2019 года, регистрационный N 55756).
- 40.058 «Инженер - технолог по производству изделий микроэлектроники», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.07.2019 г. № 480н (зарегистрирован Минюстом России 29.07.2019 г. № 55439).

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Технология производства электронных средств» включена вариативную часть блока Б1.В.06 учебного плана подготовки бакалавров по направлению ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств по профилю "Конструирование и технология радиоэлектронных средств".

Преподавание дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин(модулей): "Математика", "Физика (общая)", "Химия".

Освоение учебной дисциплины (модуля) Технология производства электронных средств, необходимо для выполнения выпускной квалификационной работы и приобретения знаний, умений и навыков, которые позволят обучающемуся частично продемонстрировать следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ):

- **Эксплуатация радиоэлектронной аппаратуры** (профессиональный стандарт 06.005 «Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник)», код В, уровень квалификации -5);

Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению брака в производстве изделий микроэлектроники (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер - технолог по производству изделий микроэлектроники», код В, уровень квалификации -6).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

профессиональных компетенций (ПК):

- ✓ **Способен проводить анализ причин брака при изготовлении изделий микроэлектроники и давать рекомендации по их устранению и предупреждению (ПК-3) (профессиональный стандарт 40.058 Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники, трудовая функция В/01.6 - Анализ причин брака при изготовлении изделий микроэлектроники и разработка рекомендаций по их устранению и предупреждению).**

Код и наименование индикатора достижения компетенции:

- ✓ ПК-3.1. Выявляет технологические факторы вызывающие погрешности изготовления изделий микроэлектроники.
- ✓ ПК-3.2. Дает предложения по ликвидации брака в производстве изделий микроэлектроники.
- ✓ ПК-3.3. Предлагает внесение изменений в техпроцесс.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- назначение и виды технологической документации;
- требования единой системы технологической документации (ЕСТД) и единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП);
- свойства материалов и комплектующих изделий РЭП и систем;
- виды современных печатных плат, способы монтажа радиоэлементов на ПП, типовые ТП изготовления, сборки, испытаний ПП;
- ТП изготовления интегральных микросхем;
- методы контроля по ТП;
- виды и методы испытаний РЭП и систем;
- виды и возможности технологического оборудования, приспособлений, инструмента и средств измерений.

Уметь:

- выполнять несложные технологические расчеты;
- определять трудоемкость изготовления изделия по технологическому процессу (ТП);
- осуществлять входной и другие виды контроля по ТП;
- контролировать соблюдение технологической дисциплины;
- осуществлять метрологическую аттестацию контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИП и А);
- проводить испытание изделий с оформлением необходимой документации на основе применения ИКТ;

Владеть:

- первичными навыками анализа конструкторской документации, технологических возможностей
- организации;
- первичными навыками разработки типовых технологических процессов изготовления, сборки, испытаний РЭП и систем;
- навыками выбора технологического оборудования по технологическому процессу;
- первичными навыками работы с испытательным оборудованием и установками;
- навыками оформления технологической документации с использованием информационно-коммуникационных технологий;

4. Содержание и структура дисциплины

4.1. Содержание разделов дисциплины

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), коллоквиум (К), тестирование (Т).

Таблица 1. Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма текущего контроля
1.	Технология производства радиоэлектронных приборных устройств и систем	<p>Основы технологии производства РЭПУ. Производственный и технологический процессы. Стадии производственного процесса. Типы производства.</p> <p>Проектирование технологических процессов. Последовательность разработки ТП. Основы построения ТП сборки. Организационные принципы сборки. Типовые схемы сборки: «веерная», с базовой деталью.</p> <p>Единая система технологической документации (ЕСТД). Классификация и виды технологических документов. Технологическая документация по сборке РЭА и приборов. Основные правила оформления маршрутных карт по ГОСТ 3.1104-83.</p> <p>Типовые технологические процессы изготовления РЭПУ. Типовые и групповые ТП сборки и монтажа. Методы типизации. Анализ технологичности электронного узла.</p> <p>Классификация методов выполнения электрических соединений. Физико-химические основы пайки. Припои, флюсы, очистные жидкости. Технология выполнения пайки.</p> <p>Технология изготовления печатных плат. Классификация методов изготовления. Конструкционные материалы для ПП. Субтрактивные и аддитивные методы изготовления ПП.</p>	ПК-3	Т, К, ЛР
2.	Технология производства интегральных микросхем	<p>Типы структур ИМС. Диффузионно-планарная структура ИМС. Эпитаксиально-планарная структура ИМС. Эпитаксиальные процессы создания структур и технологии ИМС</p> <p>Диффузионные процессы в технологии интегральных микросхем. Технология диффузионных процессов.</p>	ПК-3	Т, К, ЛР

		<p>Процессы ионного внедрения в технологии интегральных микросхем. Технология изготовления элементов интегральных микросхем методом ионной имплантации.</p> <p>Физико-химические основы фотолитографических процессов. Общие понятия о фотолитографии. Фотолитографические процессы в технологии интегральных микросхем. Фоторезисты, требования к ним и основные фотохимические реакции. Основные операции фотолитографического процесса. Технологические процессы фотолитографии в производстве тонкопленочных интегральных микросхем.</p> <p>Подложки для интегральных микросхем. Общие требования к подложкам интегральным микросхем. Методы подготовки подложек для ИМС. Материалы подложек. Пассивные подложки для гибридных интегральных микросхем. Многослойные подложки.</p> <p>Основные методы и аппараты для осаждения тонких пленок. Установки для получения тонких пленок термовакuumным испарением и ионно-плазменным распылением. Методы получения пленок реактивным распылением. Установки для осаждения пленок химическими методами из газовой фазы.</p> <p>Технология тонкопленочных резисторов. Конструкции и материалы тонкопленочных резисторов. Технология металлических резисторов. Технология керметных тонкопленочных резисторов.</p> <p>Технология тонкопленочных конденсаторов. Технология и конструкции тонкопленочных конденсаторов. Материалы для тонкопленочных конденсаторов.</p> <p>Технология толстопленочных интегральных микросхем. Конструктивно-технологические особенности толстопленочных интегральных микросхем. Технология изготовления рисунка толстопленочных интегральных микросхем и вжигания паст в производстве толстопленочных интегральных микросхем.</p> <p>Методы создания изоляции полупроводниковых интегральных микросхем. Процессы создания защитных пленок.</p> <p>Конструктивно-технологические особенности полупроводниковых биполярных и МДП интегральных микросхем. Технология изготовления бипо-</p>		
--	--	--	--	--

		<p>лярных ИМС. Технология изготовления МДП ИМС. Технология изготовления комплементарных МДП структур. МДП интегральные микросхемы с многослойным диэлектриком.</p> <p>МДП интегральные микросхемы с кремниевым затвором. Технология изготовления МДП интегральных микросхем двойной диффузией.</p> <p>Принципиальная технологическая схема сборки интегральных микросхем. Герметизация интегральных микросхем в металлических корпусах. Герметизация интегральных микросхем о пластмассовых корпусах. Герметизация интегральных микросхем в керамических корпусах.</p>		
3.	Техническая и технологическая подготовка производства РЭПУ	<p>Техническое предложение. Предварительные расчеты и уточнение требований ТЗ. Метрологическое обеспечение разработки и производства.</p> <p>Разработка проекта комплексного графика мероприятий по подготовке производства (КГМП). Анализ технического уровня производства предприятия-изготовителя. Эскизный проект. Разработка комплекта документов. Отработка конструкции на технологичность с участием предприятия-изготовителя.</p> <p>Определение техпроцессов, подлежащих разработке. Согласование КГМП. Анализ уровня организации производства. Технический проект. Разработка комплекта документов.</p> <p>Разработка конструкторской документации на спецоснастку, технологическое оборудование, средств контроля и испытаний опытного образца. Разработка программы обеспечения качества.</p> <p>Определение технологических процессов, подлежащих разработке применительно к условиям серийного производства. Совершенствование существующих техпроцессов.</p> <p>Метрологическая экспертиза и обеспечение производства. Утверждение КГМП. Разработка проекта организации производства нового изделия. Расчет и анализ потребности в дополнительном оборудовании. Расчет потребности производственной мощности.</p> <p>Разработка предложений по кооперации производства заготовок деталей, изделий. Рабочий проект, изготовление и испытания опытного образца. Разработка комплекта документов.</p> <p>Изготовление и предварительные испытания из-</p>	ПК-3	Т, К, ЛР

		<p>деля на соответствие ТЗ. Отработка конструкции на технологичность. Разработка техпроцессов для изготовления новых деталей и сборочных единиц.</p> <p>Разработка конструкторской документации на спецоснастку, средства автоматизации производства. Испытание средств технологического оснащения и средств механизации и автоматизации. Разработка технологической документации для условий серийного производства.</p>		
4.	Испытания радиоэлектронных устройств	<p>Цели и задачи испытаний РЭС. Классификация видов, методов и технологии испытаний. Характеристика климатических факторов воздействующих на РЭС. Характеристика биологических факторов воздействующих на РЭС. Механические факторы, воздействующие на РЭС. Основные этапы испытаний. Граничные и ускоренные испытания. Программа испытаний. Методика проведения испытаний.</p> <p>Климатические испытания (теплоустойчивость, холодоустойчивость). Испытания на воздействия инея и росы. Испытания на воздействие повышенной влажности. Испытания на воздействие солнечного излучения. Испытания на воздействие атмосферного давления. Испытания на повышенное гидростатическое давление, воздействие соляного тумана. Испытания на ветроустойчивость. Испытания на герметичность. Испытания на биологические воздействия.</p> <p>Испытания РЭС на механические воздействия. Испытания на виброустойчивость и вибропрочность. Испытания на ударную прочность. Испытания на воздействие акустического шума</p> <p>Технологические операции регулировки и настройки. Методы выполнения РНО. Виды и перечень документации при регулировке и настройке РЭА. Сущность регулировочных работ. Критерии оценки качества РНО.</p> <p>Контроль и диагностика радиоэлектронной аппаратуры. Методы контроля и диагностики РЭА.</p> <p>Неисправности аппаратуры и их устранение. Виды неисправностей аппаратуры. Классификация дефектов РЭА. Способы поиска неисправностей. Ремонт и отладка плат</p> <p>Анализ требований, предъявляемых к изделию в части механических, климатических и иных воздействующих факторов, и оценка возможности их выполнения. Рассмотрение и согласование</p>	ПК-3	Т, К, ЛР

		программ конструкторских испытаний сборочных единиц и изделия в целом. Проведение испытаний по отработке изделия и его составных частей. Согласование программ обеспечения надежности. Оценка соответствия методов испытаний техническим требованиям.		
5.	Контроль радиоэлектронных устройств	Классификация и назначение видов контроля. Контроль в структуре производства РЭА. Особенности контроля монтажно-сборочных операций. Разрушающие методы контроля. Не разрушающие методы контроля. Акустические и капиллярные методы контроля. Визуально-оптические методы контроля. Электрические методы контроля. Магнитные методы контроля. Контрольно-испытательное оборудование. Техническая диагностика и ее назначение. Модели РЭУ при поиске неисправностей. Основные методы поиска неисправностей. Методы и средства технической диагностики. Неисправности электрорадиоэлементов. Методика составления простейших диагностических тестов	ПК-3	Т,К, ЛР

4.2. Структура дисциплины

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (288 часов)

Вид работы	Трудоёмкость, часы		
	7 семестр	8 семестр	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	144	144	288
Контактная работа (в часах):	56	66	122
Лекции (Л)	28	22	50
Лабораторные работы (ЛР)		44	44
Практические занятия (ПР)	28		28
Самостоятельная работа (в часах), в том числе и контактная:	79	51	130
Самостоятельное изучение разделов	79	51	30
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	9	27	36
Вид промежуточной аттестации	Зачет	Экзамен	

4.3. Лекционные занятия

Таблица 3. Перечень лекционных занятий

№ п/п	Тема	Код контролируемой компетенции (или ее части)
1	2	
	7 семестр	
1	Основные понятия и положения технологии производства радиоэлектронных средств. Производственный и технологический процессы.	ПК-3
2	Классификация и виды технологических документов. Технологическая документация по сборке РЭА и приборов.	ПК-3
3	Типовые технологические процессы изготовления РЭС.	ПК-3
4	Классификация методов выполнения электрических соединений. Физико-химические основы пайки.	ПК-3
5	Технология изготовления печатных плат. Классификация методов изготовления.	ПК-3
6	Процессы эпитаксиального наращивания в технологии РЭС	ПК-3
7	Технологии получения функциональных слоев и пленок в производстве РЭС	ПК-3
8	Диффузионные процессы в технологии производства РЭС	ПК-3
9	Технология ионной имплантации в производстве РЭС	ПК-3
10	Литографические процессы в производстве РЭС	ПК-3
	8 семестр	
11	Методы межкомпонентной изоляции в технологии интегральных схем	ПК-3
12	Планарно-эпитаксиальная технология изготовления ИС	ПК-3
13	Изопланарная технология изготовления ИС	ПК-3
14	КМОП-технология изготовления ИС	ПК-3
15	КБиМОП-технология изготовления ИС	ПК-3
16	Метрологическое обеспечение разработки и производства РЭС.	ПК-3
17	Классификация видов, методов и технологии испытаний.	ПК-3
18	Техническая диагностика и ее назначение. Методы и диагностики РЭА	ПК-3
19	Методы и средства технической диагностики.	ПК-3
20	Климатические испытания. Виды и особенности климатических испытаний.	ПК-3
21	Классификация и назначение видов контроля. Контроль в структуре производства РЭА.	ПК-3

4.4. Практические (Семинарские) занятия

Таблица 4а. Перечень практических занятий(7семестр)

№ п/п	Наименование практических занятий	Код контролируемой компетенции (или ее части)
1	Составление и оформление маршрутного ТП изготовления ПП химическим методом.	ПК-3
2	Определение длительности технологического и производственного цикла последовательного вида движения предметов труда.	ПК-3
3	Определение длительности технологического и производственного цикла параллельного и параллельно- последовательного вида движения предметов труда.	ПК-3
4	Разработка технологических схем сборки («веерной» и с базовой деталью) радиоэлектронного устройства.	ПК-3
5	Примеры составления МК. Оформление технологического документа на МК	ПК-3
6	Составление схемы технологического процесса	ПК-3
7	Ознакомление с правилами оформления технологической документации	ПК-3
8	Составление и оформление маршрутного ТП сборки и монтажа печатного узла.	ПК-3
9	Определение трудоемкости выполнения технологических операций	ПК-3
10	Расчет нормирования трудоемкой операции ТП сборки и монтажа печатного узла	ПК-3
11	Составление и оформление маршрутной карты ТП изготовления ПП комбинированным позитивным методом.	ПК-3

4.5. Лабораторные работы

Таблица 4б. Перечень лабораторных работ(8 семестр)

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Код контролируемой компетенции (или ее части)
1	Моделирование процесса термического окисления монокристаллического кремния в сухом кислороде и парах воды.	ПК-3
2	Расчет технологических режимов 1-ой и 2-ой стадии диффузии примеси в кремнии.	ПК-3
3	Расчет технологических режимов процесса ионной имплантации.	ПК-3
4	Моделирование технологического процесса ионно-лучевого травления пленок	ПК-3
5	Получение пористого кремния методом электрохимического травления	ПК-3
6	Вакуумно-термическое осаждение тонких пленок металла	ПК-3

7	Осаждение тонких пленок металла методом магнетронного осаждения	ПК-3
8	Исследование процесса субмикронной контактной фотолитографии	ПК-3
9	Моделирование процесса магнетронного напыления металлических пленок	ПК-3

4.6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Код контролируемой компетенции (или ее части)
1	Особенности контроля монтажно-сборочных операций. Разрушающие методы контроля. Не разрушающие методы контроля. Акустические и капиллярные методы контроля.	ПК-3
2	Виды и перечень документации при регулировке и настройке РЭА. Сущность регулировочных работ. Критерии оценки качества РНО.	ПК-3
3	Надежность элементов ИМС в целом. Испытания на надежность. Пути повышения качества и надежности ИМС.	ПК-3
4	Конструктивно-технологические особенности толстопленочных интегральных микросхем. Технология изготовления рисунка толстопленочных интегральных микросхем и вжигания паст в производстве толстопленочных интегральных микросхем.	ПК-3

4.7. Курсовая работа

Курсовая работа не предусмотрена программой.

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные материалы для текущего, рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов по дисциплине определяются учебным планом образовательной программы и действующим положением о балльно-рейтинговой системе аттестации студентов обучающихся по программам высшего образования Кабардино-Балкарского университета (Приказ № 159/О от 31 августа 2017г.). При аттестации обучающихся оценивается качество работы на занятиях (умение вести дискуссию, способность чётко формулировать свои мысли), уровень подготовки к самостоятельной деятельности, качество выполнения заданий (курсовой работы, лабораторных работ и др.). Текущий и рубежный контроль успеваемости студентов по дисциплине проводится по трем контрольным точкам. В конце 1/3 семестра 1-я контрольная точка, вторая контрольная точка- конец 2/3 семестра, а третья контрольная точка последние две недели семестра. Распределение баллов в рамках балльно-рейтинговой системы аттестации студентов приведено ниже:

Таблица 6. Распределение баллов текущего и рубежного контроля

№	Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3 точка
---	-------------	-----------	-----------	---------

1.	Текущий контроль				
	посещение занятий	10 баллов	3 балла	3 балла	4 балла
	выполнение и защита лабораторных работ	21 балл	7 баллов	7 баллов	7 баллов
2.	Рубежный контроль				
	тестирование	15 баллов	5 баллов	5 баллов	5 баллов
	коллоквиум	24 балла	8 баллов	8 баллов	8 баллов
Итого		70 баллов	23 балла	23 балла	24 балла

5.1. Коллоквиум

В семестре проводятся 3 коллоквиума, каждый из которых оценивается в пределах от 0 до 8 баллов. Таким образом, максимальное количество баллов, которые может получить студент при условии успешной сдачи трех коллоквиумов равно 24.

На коллоквиумах контролируется формирование элементов профессиональной компетенции ПК-3. Ниже приведен примерный перечень вопросов и заданий, выносимых на коллоквиумы:

7 семестр

1-коллоквиум:

1. Что такое технология?
2. Назовите определение современного специалиста?
3. Что включает в себя термин высокие технологии?
4. Что включает в себя технология радиоэлектронной аппаратуры РЭА?
5. Назовите основные элементы в развитии первого этапа радиоэлектронной аппаратуры?
6. Назовите основные элементы в развитии второго этапа радиоэлектронной аппаратуры?
7. Чем характеризуется единичное производство?
8. Чем характеризуется массовое производство?
9. Чем характеризуется серийное производство?
10. Приведите схему расчета длительности технологического и производственного цикла последовательного вида движения предметов труда.
11. Приведите схему расчета длительности технологического и производственного цикла параллельного и параллельно-последовательного вида движения предметов труда.
12. Приведите технологическую схему сборки («веерной» и с базовой деталью) радиоэлектронного устройства.
13. Приведите примеры составления МК.
14. Как определяется коэффициент технологичности электронного узла
15. Приведите схему расчета нормирования трудоемкой операции ТП сборки и монтажа печатного узла.

2-коллоквиум:

1. Что включает в себя производственный процесс?
2. Что такое технологический процесс?
3. Дайте определение операции и технологий операции?
4. Что такое технологический переход?
5. Что разрабатывается при проектировании новых технологических процессов?
6. Что происходит на первом этапе изготовления печатных плат?

7. Как создается электропроводящий слой?
8. Как происходит процесс нанесения фоторезиста?
9. Что такое процесс травления и как он осуществляется?
10. Каковы достоинства инфракрасной сушки?
- Что представляют собой ОПП и МПП?
11. Для чего на поверхность ПП наносят защитные покрытия?
12. Для чего используются платы на фторопластовом основании?
13. Какие преимущества печатных плат на стеклопластиковом основании?
14. Где используются ОПП, ДПП и МПП?
15. Как изготавливают керамические печатные платы?

3-коллоквиум:

1. Дайте определения процесса эпитаксии.
2. Перечислите критерии процесса эпитаксиального наращивания
3. Виды эпитаксиального наращивания.
4. В чем заключается процесс жидкостной эпитаксии?
5. Что понимают под стационарным и нестационарным методами жидкостной эпитаксии?
6. Что представляет собой реактор для жидкостной эпитаксии? Какова его функция в процессе эпитаксии?
7. Каковы критерии выбора материала лодочки?
8. Как соотносятся между собой кристаллографические ориентации подложки и эпитаксиального слоя?
9. Что понимают под “гомоэпитаксией” и “гетероэпитаксией”?
10. Дайте определение диффузионного процесса.
11. Изложите основы термической диффузии.
12. Сущность процесса ионного внедрения..
13. Общие понятия о литографическом процессе.
14. Фоторезисты, требования к ним и основные фотохимические реакции.
15. Основные операции фотолитографического процесса.
10. Подложки для интегральных микросхем.
11. Общие требования к подложкам интегральным микросхем.
12. Методы подготовки подложек для ИМС.
13. Пассивные подложки для гибридных интегральных микросхем.
14. Многослойные подложки.
15. Основные методы и аппараты для осаждения тонких пленок.

8 семестр

1-коллоквиум (Раздел 1,2):

1. Роль микроэлектроники в технике, в том числе промышленной электронике, вычислительной технике и радиоэлектронике.
2. Терминология и классификация изделий в микроэлектронике.
3. Основные направления развития микроэлектронной технологии.
4. Технологические ограничения на уменьшение размеров элементов интегральных микросхем.
5. Принцип интеграции.
6. Понятия: интегральная микросхема (ИМС), элемент и компонент ИМС.
7. Классификация ИМС по конструктивно-технологическому и функциональному признакам.
8. Полупроводниковые и гибридные, цифровые и аналоговые ИМС.
9. Основные параметры ИМС.
10. Основы планарной технологии. Сущность группового метода.

11. Базовые процессы микроэлектроники: эпитаксия.
12. Базовые процессы микроэлектроники: окисление.
13. Базовые процессы микроэлектроники: литография.
14. Базовые процессы микроэлектроники: термическая диффузия примесей.
15. Базовые процессы микроэлектроники: ионная имплантация.
16. Базовые процессы микроэлектроники: процессы формирования маскирующих и диэлектрических покрытий.
17. Базовые процессы микроэлектроники: лучевые и плазменные процессы.
18. Базовые процессы микроэлектроники: термическое и магнетронное нанесение тонких пленок.
19. Технология изготовления подложек ИМС.

2-коллоквиум (Раздел 3,4):

1. Методы изоляции элементов ИМС.
2. Методы и способы коммутации элементов ИМС.
3. Элементы биполярных ИМС.
4. Особенности структуры и топологии транзисторов в интегральном исполнении: эпитаксиально-планарный и изопланарный.
5. Многоэмиттерный и многоколлекторный транзисторы.
6. Диодное включение транзисторных структур.
7. Резисторы и конденсаторы биполярных ИМС.
8. Соединительные металлические элементы, диффузионные шины.
9. Элементы МДП ИМС. Особенности интегральных МДП транзисторов.
10. Транзисторы с самосовмещенными затворами.
11. МДП конденсаторы и резистивные элементы.
12. Элементы МДП СБИС: принцип масштабирования, комплементарные структуры
13. Структуры "кремний на диэлектрике".
14. Элементы ИМС на основе арсенида галлия.
15. Разновидности интегральных транзисторов на арсениде галлия.
16. Элементная база и особенности структуры цифровых БИС и СБИС.
17. Основы пленочной технологии. Методы изготовления пленочных элементов.
18. Пленочные резисторы, конденсаторы, индуктивные элементы.
19. Стабилизация и подгонка параметров пленочных элементов .
20. Особенности гибридных БИС. Конструкция многослойных коммутационных плат.

3-коллоквиум (Раздел 5,6):

1. Задачи и принципы функциональной микроэлектроники. Понятие физической интеграции.
2. Основные направления развития функциональной микроэлектроники.
3. Элементы оптоэлектроники. Характеристики и особенности оптической связи.
4. Разновидности оптронов, их структура и основные свойства.
5. Оптоэлектронные ИМС и интегральная оптика.
6. Элементы магнитооптики. Магнитные эффекты в тонких магнитных пленках.
7. Принципы построения запоминающих и логических элементов на ЦМД.
8. Принципы построения логических элементов криоэлектроники.
9. Туннельные эффекты Джозефсона: принцип действия, основные свойства, применение.
10. Основы акустоэлектроники. Пьезоэлектрический эффект.
11. Объемные и поверхностные акустические волны. Пьезорезонаторы.
12. Устройства на поверхностных акустических волнах: принцип действия, основные свойства, применение.
13. Основные положения и понятия теории надежности.

14. Интенсивность отказов, вероятность безотказной работы.
 15. Показатели надежности.
 16. Постепенные и катастрофические отказы.
 17. Причины отказов полупроводниковых приборов и ИМС.
 18. Надежность элементов ИМС в целом. Испытания на надежность.
- Пути повышения качества и надежности ИМС.

Методические рекомендации

При подготовке к коллоквиуму следует, прежде всего, просмотреть конспекты лекций и отметить в них имеющиеся вопросы коллоквиума. Если какие-то вопросы вынесены преподавателем на самостоятельное изучение, следует обратиться к учебной литературе, рекомендованной преподавателем в качестве источника. При подготовке к коллоквиуму также рекомендуется посещение консультаций для своевременного снятия возникших вопросов в процессе подготовки. Коллоквиум проводится в виде устного опроса и собеседования со студентом.

Критерии оценивания

Степень подготовленности студента на коллоквиуме оценивается по следующим критериям: - *ясность, четкость и доказательность изложения ответов на вопросы;* - *владение специальными терминами;* *системность знаний по теме коллоквиума.* Ниже приведена шкала оценивания.

Таблица 7. Критерии оценивания студента на коллоквиуме

Оценка			
2 балла «Неудовлетворительно»	4 балла «Удовлетворительно»	6 баллов «Хорошо»	8 баллов «Отлично»
Студент не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

5.2. Тесты

Тестирование по изучаемым разделам проводится 3 раза в семестр. На тестах контролируется формирование элементов профессиональной компетенции ПК-3. Ниже приведены образцы тестовых заданий:

Образцы тестовых заданий:

1. *Интегральной схемой называют:*

+: электронное устройство с высокой плотностью упаковки элементов, созданных в едином технологическом цикле

-: монолитное устройство для печатного монтажа

-: устройство акустоэлектроники

-: устройство оптоэлектроники

2.: *Микроэлектроника - это:*

+: область электроники, охватывающее проблемы исследования, конструирования, изготовления ИС и микроэлектронных изделий на их основе

-: область магнетоэлектроники

- : область оптики
 - : область физики твердого тела
- 3.: По методам изготовления ИС классифицируются на:
- +: полупроводниковые, гибридные, пленочные
 - : пленочные и гибридные
 - : полупроводниковые и пленочные
 - : гибридные и заказные
- 4: Полупроводниковые ИС называются:
- +: ИС, все элементы и межэлементные соединения которой выполнены в объеме и на поверхности полупроводника
 - : ИС с пленочными элементами
 - : ИС с навесными элементами
 - : ИС с диэлектрической изоляцией
- 5: Пленочной ИС называют ИС:
- +: все элементы и соединения выполнены в виде пленки
 - : все элементы навесные
 - : все элементы на поверхности кристалла
 - : все элементы в виде толстых пленок
- 6: Гибридной ИС называют ИС:
- +: которая содержит пленочные пассивные элементы и навесные активные элементы на единой электрической подложке
 - : с пленочными элементами толщиной более 1 мкм
 - : с пленочными элементами толщиной более 3 мкм
 - : с плотностью упаковки элементов 500-1000 элем/мм²
- 7: Плотность упаковки элементов в ИС - это:
- +: количество элементов на единицу площади кристалла
 - : количество элементов на единицу объема кристалла
 - : количество транзисторов на единицу объема кристалла
 - : количество элементов в ИС
- 8: В тонкопленочной ИС толщина пленки d :
- +: $d < 1$ мкм
 - : $d < 0,5$ мкм
 - : $0,1 < d < 0,5$ мкм
 - : $d < 0,1$ мкм
- 9: Степень интеграции микросхемы K определяется формулой:
- +: $K = \ln N$
 - : $K = \lg N$
 - : $K = 10 \lg N$
 - : $K = 10 \ln N$
- 10: ИС называется большой ИС (БИС), если:
- : $K \leq 2$
 - +: $2 \leq K \leq 3$
 - : $K \geq 4$
 - : $K \geq 2$

Методические рекомендации

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

а) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине. Проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

б) четко выясните все условия тестирования заранее. Знать, сколько тестов Вам будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т.д.

в) приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочтите вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выберите правильные (их может быть несколько). На отдельном листке ответов выпишите цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

г) в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант.

д) если Вы встретили чрезвычайно трудный для Вас вопрос, не тратьте много времени на него. Переходите к другим тестам. Вернитесь к трудному вопросу в конце.

е) обязательно оставьте время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Критерии оценивания

Таблица 8. *Критерии оценивания результатов тестирования*

Оценка			
неудовлетворительно 0 баллов	удовлетворительно 3 балла	хорошо 4 балла	отлично 5 баллов
Менее 50 % правильно выполненных заданий.	50-70% правильно выполненных заданий.	71-85% правильно выполненных заданий.	86-100% правильно выполненных заданий.

5.3. Задания для практических и лабораторных занятий

5.3.1. Задания для практических занятий

(Контролируемые компетенции ПК-3)

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются практические занятия. Практические занятия помогают студентам глубже усвоить учебный материал, приобрести навыки творческой работы над документами и первоисточниками. Тематика практических занятий формируется на основе учебного материала излагаемого на лекциях и предлагаемого для самостоятельной проработки.

Планы практических занятий, их тематика, рекомендуемая литература, цель и задачи ее изучения сообщаются преподавателем на вводных занятиях, включая выдачу индивидуальных тем для мини – доклада с презентацией по ключевым вопросам практического занятия. Доклад готовится одним студентом либо группой студентов. Независимо от того готовит студент доклад по теме или нет требуется самостоятельная проработка обозначенной темы, чтобы обсуждение материала было предметным и взаимно полезным.

Ниже приведен примерный план проведения практического занятия №11 по теме «Составление и оформление маршрутной карты ТП изготовления ПП комбинированным позитивным методом.».

План практического занятия:

1. Преподаватель в краткой форме характеризует круг рассматриваемых вопросов, устанавливает акценты на цели и задачи предстоящего занятия.
2. Выступление студента, доклад на тему «Современные технологии изготовления печатных плат для изделий электронной техники».
3. Обсуждение и дополнения доклада.
4. Опрос студентов по ключевым вопросам практического занятия:

Примерный перечень вопросов и заданий

1. Что включает в себя производственный процесс?
 2. Что такое технологический процесс?
 3. Дайте определение операции и технологий операции?
 4. Что такое технологический переход?
 5. Что разрабатывается при проектировании новых технологических процессов?
 6. Что происходит на первом этапе изготовления печатных плат?
 7. Как создается электропроводящий слой?
 8. Как происходит процесс нанесения фоторезиста?
 9. Что такое процесс травления и как он осуществляется?
 10. Каковы достоинства инфракрасной сушки?
 11. Что представляют собой ОПП и МПП?
 12. Для чего на поверхность ПП наносят защитные покрытия?
 13. Для чего используются платы на фторопластовом основании?
 14. Как изготавливают керамические печатные платы?
5. Заключение преподавателя: резюмирует выступление студентов, указывает на допущенные ошибки и проясняет вопросы, связанные с ними, публично оценивает работу студентов с выставлением баллов, предлагаются темы мини – докладов на следующее занятие.

Методические рекомендации

Начиная подготовку к практическому занятию, необходимо, прежде всего, указать студентам страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

Подготовка к практическому занятию включает 2 этапа:

- организационный;
- закрепление и углубление теоретических знаний.

На первом этапе студент планирует свою самостоятельную работу, которая включает: уяснение задания на самостоятельную работу; подбор рекомендованной литературы; составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки. Составление плана дисциплинирует и повышает организованность в работе. Второй этап включает непосредственную подготовку студента к занятию. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов.

В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретает практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю.

Подготовка мини- доклада с презентацией материала предполагает более глубокую подготовку по теме доклада. Желательно, чтобы студент при подготовке докладов по темам касающимся методов получения и модификации наноматериалов и наноструктур и способам контроля их параметров обращался к патентным источникам. Мини- доклад готовится на выступление рассчитанное примерно на 7-10 минут.

Критерии оценивания

Студент, успешно работающий на практических занятиях получает в конце семестра 21 балл(см. табл.6). Шкала оценивания работ на занятиях устанавливается в начале семестра и доводится до сведения обучающихся студентов.

Таблица 9. Примерная шкала оценивания работы студента на практических занятиях

№ п/п	Вид работы	Максимально возможное количество баллов за контрольную точку
1.	Доклад с презентацией материала по теме занятия(не менее 3 докладов в семестре)	9
2	Устные либо письменные опросы на практическом занятии	9
3	Активная работа (участие в обсуждениях, дополнения ответов, заинтересованность и т.д.)	3

5.3.2. Задания для лабораторных занятий

(Контролируемая компетенция ПК-3)

Лабораторный практикум является важным элементом обучения, т.к. прививает навыки самостоятельной работы. В рамках дисциплины студенты должны выполнить 5 лабораторных работ, охватывающих различные разделы теоретического курса. Работы ориентированы на изучение основ технологии электронной компонентной базы, используя технологии физического и математического моделирования технологических процессов. Моделирование проводится с применением программного обеспечения MathCad.

Пример типовой лабораторной работы

«Моделирование процесса магнетронного напыления металлических пленок»

Целью работы является:

- ознакомление с процессом магнетронного напыления тонких пл;
- определение режимов магнетронного распыления для получения металлических пленок заданной толщины.

Методические рекомендации

Выполнение каждой лабораторной работы складывается из следующих этапов.

1. Самостоятельная подготовка студентов к работе. Перед началом работы студенты должны четко представлять себе цель работы и сущность ожидаемых результатов. Должен быть подготовлен электронный файл для расчета режимов магнетронного распыления. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

2. Проведение моделирования: получив исходные данные по материалу и толщине пленки студент должен путем моделирования выбрать режимы магнетронного распыления(время напыления , расстояние от мишени до подложки, напряжение магнетрона, ток магнетрона),

обеспечивающие требования к пленки. При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

3. Составление отчета о проделанной работе.

Отчет должен содержать исчерпывающие данные, как о цели работы, так и о результатах в следующей последовательности:

- ✓ задание;
- ✓ описание базового процесса;
- ✓ алгоритм моделирования;
- ✓ результаты моделирования;
- ✓ общие выводы о работе и заключение.

Текст отчета должен быть написан аккуратно и разборчиво от руки или представлен в виде распечатки, после компьютерной верстки. В обоих случаях текст должен представлять собой логическое изложение существа вопроса. Недопустимо приведение формул, таблиц без разъяснений всех обозначений и сокращений. Отчет должен быть понятен для каждого читающего без каких-либо дополнительных вопросов у составителей отчета.

4. После представления отчета студент должен иметь, как минимум, поверхностные знания по контрольным вопросам к работе, имеющимся в методических указаниях, и ему выставляется балл, которым оценена данная лабораторная работа.

Студент выполнивший и защитивший все лабораторные работы по дисциплине получает в конце семестра 21 балл. Каждая лабораторная работа в зависимости от степени сложности и важности темы оценивается индивидуальным баллом (К). Шкала оценивания лабораторных работ устанавливается в начале семестра и доводится до сведения обучающихся студентов.

Таблица 9. Методика оценивание выполнения этапов лабораторной работы

№ п/п	Вид этапа	Рейтинговый балл
1.	Допуск и выполнение экспериментальной части работы	0,3К
2.	Представление отчета по требуемой форме к сдаче работы	0,2К
3.	Защита работы	0.5К

Примечание: К – количество баллов, отводимое в рамках рейтинговой системы на данную работу, которое определяется преподавателем в начале лабораторного курса.

5.4. Промежуточная аттестация

5.4.1. Зачет

(Контролируемая компетенция ПК-3)

Изучение дисциплины в 7 семестре завершается устным зачетом. Перечень примерных вопросов к зачету приведен ниже:

1. Конструктивно-технологические особенности и направления развития современных технологий создания РЭС.
2. Технология производства, как один из важнейших этапов создания РЭС.
3. Технологический процесс, как часть производственного процесса.
4. Типы производства, их характеристики и отличительные признаки.
5. Виды технологических процессов в зависимости от организации степени детализации технологических процессов (единичный, типовой, групповой, маршрутный, операционный).
6. Комплектность технологических документов в зависимости от типа и характера производства.
7. Технологическая операция: как основа технологического процесса.

8. Себестоимость и трудоёмкость операций.
9. Состав нормы времени. Методы нормирования.
10. Учёт при разработке технологической операции требований по технике безопасности и экологии.
11. Выбор оптимального технологического процесса по критериям себестоимости и трудоёмкости.
12. Выбор технологической схемы монтажа и сборки изделия.
13. Выбор оснастки и инструмента методов контроля.
14. Разработка технического задания на проектирование и изготовление оснастки.
15. Выбор оборудования.
16. Понятие о точности технологических операций.
17. Расчёт количества рабочих, рабочих мест, оборудования, оснастки, инструмента в зависимости от трудоёмкости и программы выпуска изделий.
18. Разработка технологических планировок производственных участков для изготовления РЭС различных структурных уровней.

Методические рекомендации

Подготовка студентов к зачету включает проработку лекций, в течение семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие зачету, включая, конечно, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защиту.

Для подготовки к ответам вопросы зачета (они выдаются в конце семестра) студент должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к зачету студенту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. А это достигается не простым заучиванием, а усвоением прочных систематизированных знаний аналитическим мышлением. Следовательно, непосредственная подготовка к зачету должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

Критерии оценивания

«Зачтено» выставляется обучающемуся, продемонстрировавшему полное, всестороннее, осознанное правильное знание программного материала и изложившему ответ логично, грамотно, убедительно, готового к дальнейшему профессиональному совершенствованию.

При ответе обучающийся может допустить некоторые неточности, негрубые ошибки, затрудниться в самостоятельном изложении материала, но правильно отвечать на задаваемые ему вопросы, в результате наводящих вопросов с помощью преподавателя исправлять допущенные ошибки и неточности.

«Не зачтено» может быть выставлено обучающемуся, обнаружившему неполное, неосознанное знание учебно-программного материала, допускающему грубые ошибки, неспособному самостоятельно изложить ответ на вопрос, отвечающему неправильно или не дающему ответ на заданные вопросы. Демонстрируемый уровень знаний не может быть признан достаточным для профессиональной деятельности.

Таблица 10а. Критерии оценки качества освоения дисциплины, завершающейся зачетом

Баллы (рейтинговой оценки)	Результат освоения	Качество освоения дисциплины
46-70	Зачтено (без процедуры сдачи за-	Владеет программным материалом. Справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний. Владеет разносторонними навыками и приемами выполне-

	чета)	ния практических задач.
36-45	Зачтено (с процедурой сдачи зачета)	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, демонстрирует недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
менее 36 баллов	не допущен к зачету	Демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Элементы компетенции не сформированы.

5.4.1. Экзамен

(Контролируемая компетенция ПК-3)

Изучение дисциплины в 8 семестре завершается экзаменом. Примерный перечень основных вопросов выносимых на экзамен приведен ниже:

1. Единая система технологической документации (ЕСТД). Назначение системы, состав.
2. Стандарты ЕСТД, определяющие стадии разработки, виды и комплектность технологических документов: общие требования к технологическим документам, правила оформления технологических документов.
3. Понятие печатной платы. Односторонние, двухсторонние и многослойные печатные платы, гибкие печатные платы, микроблоки и микросборки.
4. Материалы печатных плат. Стеклотекстолит. Медная фольга, ее изготовление. Получение односторонних и двухсторонних печатных плат.
5. Технологический процесс фотолитографии.
6. Подготовка поверхности. Подготовка поверхности металлической фольги. Подготовка поверхности диэлектрика.
7. Сеткографический метод изготовления печатных плат.
8. Фотохимический метод изготовления печатных плат. Аддитивный метод. Субтрактивный метод. Комбинированный метод.
9. Фоторезисты. Негативные, позитивные фоторезисты. Виды фоторезистов. Механизмы защиты: полимеризация и сшивка. Сухие пленочные фоторезисты. Нанесение фоторезистов.
10. Травление. Использование процесса травления. Технологические линии травления.
11. Материалы травителей для химического травления. Электрохимическое
12. травление. Плазмохимическое травление.
13. Синтез операций и методов при изготовлении многослойных ПП (МПП) металлизацией сквозных отверстий и попарным прессованием.
14. Пути повышения плотности монтажа в МПП.
15. Конструктивно-технологический анализ МПП других типов и конструкций.
16. Влияние материалов (диэлектрик, фольга, резисты) и типовых операций (механическая и химическая обработка, осаждение и оплавление; нанесение рисунка) на качество печатных плат.
17. Точностной расчет проводящего рисунка ПП с учетом технологических ограничений.
18. Перспективы развития производства ПП: новые материалы, повышение точности и плотности монтажа, перспективные методы изготовления.
19. Технологические процессы изготовления рельефных, гибко-жестких, керамических и полиимидных ПП.
20. Химическая металлизация. Химические основы процесса. Технологическая линия
21. процесса. Оборудование. Режимы процесса.

22. Электрохимическая металлизация. Химические основы процесса. Технологическая линия процесса. Оборудование. Режимы процесса.
23. Классификация способов монтажа.
24. Технология механических соединений.
25. Технология разъёмных механических соединений (резьбовых, штифтовых, байонетных).
26. Технология неразъёмных механических соединений (конструкционной пайкой и сваркой, склеиванием, развальцовкой).
27. Технология электрических соединений (контактирование).
28. Соединение пайкой. Физико-химические основы пайки. Условия, необходимые для
29. получения качественных паяных соединений. Применяемые припои и флюсы. Правила
30. выбора. Технологические методы пайки. Групповые и автоматизированные методы пайки. Используемое оборудование.
31. Общие положения. Формирование электронных пучков. Электронная пушка. Проведение и сканирование электронным пучком. Взаимодействие электронных пучков с
32. твёрдыми и газообразными телами.
33. Электронно-лучевая технология нанесения тонких плёнок тугоплавких материалов.
34. Описание установок. Физико-химическое обоснование технологических процессов. Математическое определение необходимой мощности пучка. Характеристики получаемых плёнок.
35. Молекулярно-лучевая технология. Описание метода и устройств.
36. Ионное плакирование. Ионизаторы.
37. Физико-химическое описание процессов получения плёнок на подложках.
38. Реагенты для метода газового транспорта неорганических соединений.
39. Получение полупроводниковых, оксидных и металлических плёнок.
40. МОС-гидридная эпитаксия и реагенты для получения плёнок полупроводниковых соединений, металлов и оксидов.
41. Очистка и ориентация подложек.
42. Оборудование и доставка реагентов. Контроль давления газов.
43. Получение плёнок нитридов методом ГФЭ.
44. Соединение сваркой. Физико-химические основы сварки. Условия обеспечения качественных сварных соединений. Технологические методы сварки. Групповые и автоматизированные методы сварки. Применяемое оборудование.
45. Соединение проводящими клеями. Физико-химические основы склеивания. Условия обеспечения качественных клеевых электрических соединений. Технологические процессы приклейки. Применяемое оборудование.
46. Соединение накруткой. Технологический процесс соединений накруткой. Условия
47. получения качественных соединений накруткой.
48. Поверхностный монтаж как наиболее технологичный способ изготовления печатных
49. узлов.
50. Многослойный печатный монтаж. Особенности многослойных ПП, изготовленных разными методами.

Методические рекомендации

Подготовка студентов к экзамену включает проработку лекций, в течение семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену, включая, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защиту.

Для подготовки к ответам на экзаменационные вопросы (они выдаются в конце семестра) студент должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к экзамену студенту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. Механическое запоминание числовых значений характеристик материалов не рекомендуется, но студент должен от-

четливо представлять себе порядок этих величин. Непосредственная подготовка студента к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

Критерии оценивания

По итогам экзамена студенту, из максимального количества баллов, которое составляет 30, выставляется:

1) от 27 до 30 баллов, если владеет программным материалом по дисциплине в полном объеме; достаточно глубоко осмысливает дисциплину, исчерпывающе отвечает на все вопросы; умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, устанавливать причинно-следственные связи; четко формирует ответы;

2) от 24 до 26 баллов, если владеет программным материалом почти в полном объеме (имеются пробелы только в некоторых особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы; не всегда выделяет наиболее существенные, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах;

3) от 15 до 23 баллов, если владеет основным объемом программного материала по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускает ошибки по существу вопросов.

В случаях, когда обучающийся не освоил обязательный минимум программного материала по дисциплине, не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах, выставляется 0 баллов. Студент, набравший 36 баллов в ходе текущего и рубежного контроля, к экзамену не допускается. Ниже приведены критерии и показатели оценивания промежуточной аттестации.

Таблица 106. Критерии и показатели оценивания промежуточной аттестации

Шкала по традиционной пятибалльной системе			
Неудовлетворительно	Базовый уровень удовлетворительно /диф. зачет	Продвинутый уровень хорошо/ диф. зачет	Высокий уровень отлично/ диф. зачет
Шкала по балльно-рейтинговой системе			
36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100

7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Таблица 11. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения
Способен проводить анализ причин брака при изготовлении изделий микроэлектроники и давать рекомендации по их устранению и предупреждению (ПК-3): ✓ ПК-3.1 Выявляет технологические факторы вызывающие погрешности	Знать: <ul style="list-style-type: none"> – назначение и виды технологической документации; – требования единой системы технологической документации (ЕСТД) и единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП); (31) – свойства материалов и комплектующих изделий РЭП и систем;(32) – виды современных печатных плат, способы монта-

<p>изготовления изделий микроэлектроники.</p> <p>✓ ПК-3.2. Дает предложения по ликвидации брака в производстве изделий микроэлектроники.</p> <p>✓ ПК-3.3. Предлагает внесение изменений в техпроцесс.</p>	<p>жа радиоэлементов на ПП, типовые ТП изготовления, сборки, испытаний ПП;(33)</p> <ul style="list-style-type: none"> – ТП изготовления интегральных микросхем; – методы контроля по ТП;(34) – виды и методы испытаний РЭП и систем;(35) – виды и возможности технологического оборудования, приспособлений, инструмента и средств измерений.(36)
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выполнять несложные технологические расчеты;(У1) – определять трудоемкость изготовления изделия по технологическому процессу (ТП);(У2) – осуществлять входной и другие виды контроля по ТП;(У3) – контролировать соблюдение технологической дисциплины;(У4) – осуществлять метрологическую аттестацию контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА);(У5) – проводить испытание изделий с оформлением необходимой документации на основе применения ИКТ;(У6)
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – первичными навыками анализа конструкторской документации, технологических возможностей организации;(В1) – первичными навыками разработки типовых технологических процессов изготовления, сборки, испытаний РЭП и систем;(В2) – навыками выбора технологического оборудования по технологическому процессу;(В3) – первичными навыками работы с испытательным оборудованием и установками;(В4) – навыками оформления технологической документации с использованием информационно-коммуникационных технологий;(В5)

Таблица 12. Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Элементы компетенции		
Содержание этапов	31, 32, 33, 34,34,35,36	У1, У2, У3,У4,У5,У6	В1, В2, В3, В4,В5
Виды занятий	1.Лекции 2.Консультации 3. Самостоятельная работа	1.Лабораторные работы 2.Самостоятельная работа	1.Лабораторные работы 2. Самостоятельная работа
Средства оценивания	1. <i>Посещение занятий</i> (см., разд.5, Табл. 6).	1. <i>Допуск и выполнение лабораторной работы</i>	1. <i>Защита результатов лабораторной ра-</i>

	2.Коллоквиум (см., разд.5, Табл.7) 3. Тестирование (см., разд.5, Табл.8) 4.Зачет (см., разд.5, Табл.10а) 6. Экзамен (см., разд.5, Табл.10б)	(см., разд.5, Табл.9) 2. Обработка результатов и подготовка отчета о выполненной работе. (см., разд.5, Табл.9) 3. Тестирование(см., разд.5, Табл.8) 4. Коллоквиум(см., разд.5, Табл.7) 5. Зачет(см., разд.5, Табл.10)	боты(см., разд.5, Табл.9) 2. Тестирование(см., разд.5, Табл.8) 3. Коллоквиум(см., разд.5, Табл.7) 4. Зачет(см., разд.5, Табл.10а) 6. Экзамен (см., разд.5, Табл.10б)
--	--	--	--

Уровень сформированности элементов компетенций в рамках изучения данной дисциплины включает четыре уровня:

- *низкий уровень* (оценка «неудовлетворительно») характеризуется либо отсутствием, либо частичной сформированностью элементов компетенций;
- *базовый уровень* (оценка «удовлетворительно») является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины, в целом элементы компетенций сформированы;
- *продвинутый уровень* (оценка «хорошо») характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- *высокий уровень* (оценка «отлично») характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Ниже в таблице 13 приведены общие характеристики и критерии оценивания уровня освоения элементов компетенций закрепленными за дисциплиной.

Таблица 13. Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
«Отлично» (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости.	Умеет применять полученные знания для решения производственных и исследовательских задач в изучаемой области	Владеет технологиями в изучаемой предметной области и имеет навыки их совершенствования.
«Хорошо» (продвинутый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия и категории в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения профессиональных задач	Адаптирует свое поведение к обстоятельствам в решении задач в изучаемой области
«Удовлетворительно» (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями в изучаемой области	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения несложных задач в изучаемой области	Способен выполнять работы в изучаемой области под контролем.
«Неудовлетворительно»	Отрывочные знания,	Умения не позволяют	Испытывает трудно-

(Низкий уровень)	путает основные понятия и категории в изучаемой области.	выполнит несложные задачи в изучаемой области, совершает ошибки.	сти при решении задач в изучаемой области даже под руководством
-------------------------	--	--	---

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники. - М. : Советское радио, 1980. - 424с. (16экз, полочный индекс 6Ф2.13(075.3)).
2. Гуртов В.А. Твердотельная электроника : учеб. пособие для вузов. – М.: Техносфера, 2005. – 407 с. (15 экз., полочный номер 531.91(075.3))
3. Материалы электронных средств [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. А. Гатчин, В. Л. Ткалич, П. А. Камаев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2010. — 112 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67263.html>
4. Ефимов И.Е., Козырь И.Я., Горбунов Ю.И. Микроэлектроника.- М.: Высшая школа. 1987.- 416 с.

Дополнительная литература

1. Коледов Л.А. Технология и конструирование микросхем, микропроцессоров и микросборок.- М.: Радио и связь. 1989.- 421
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3 - х томах: Т.1,2,3. Пер. с англ. – М.: 5 Мир, 1983. – 367 с.
3. Игумнов, В.Н. Физические основы микроэлектроники : учебное пособие / В.Н. Игумнов. - М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 358 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 345-346. - ISBN 978-5-4475-3300-7 ; Тоже [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271708> (05.10.2016).

Интернет - ресурсы

1. <http://lib.kbsu.ru/> - Библиотека КБГУ.
2. <http://www.garant.ru/> - Справочная правовая система «Гарант».
3. <http://www.consultant.ru/> - Справочная правовая система «КонсультантПлюс».
4. <http://www.studmedlib.ru> - ЭБС «Консультант студента»
5. Электронные версии журналов: “Физика твердого тела”, “Журнал технической физики”, “Письма в журнал технической физики”, “Физика и техника полупроводников” <http://journals.ioffe.ru>.
6. www.nano-info.ru - Сайт о современных достижениях в области микро- и нанотехнологий.

9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

1. Студенты имеют доступ к единому образовательному portalу, где могут в открытом доступе пользоваться ресурсами учебно-методической литературы, являющимися разработками ведущих ВУЗОВ России.
2. Для рейтингового контроля используется система компьютерного тестирования на базе программного обеспечения Moodle.
3. При выполнении лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проводят обработку экспериментальных данных с применением программных пакетов Microsoft Excel, MathCad..
4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерные классы с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.

10. Материально-техническое обеспечение работы

Материально-техническую базу для проведения занятий по дисциплине составляют:

- специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа №238, расположенная по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 175, учебный корпус университета №4 (ФМФ), оснащенная мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы;
- рабочее место преподавателя;
- рабочие места студентов;
- меловая доска.

Мультимедийная презентация, сопровождающая лекцию, позволяет преподавателю акцентировать внимание студенческой аудитории на ключевых вопросах лекции.

Дисциплина обеспечена:

- тестовым материалами в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки;
- электронными версиями лекций и учебников.

Дисциплина обеспечена:

- тестовым материалами в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки;
- электронными версиями лекций и учебников.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в лаборатории «Материалы и компоненты твердотельной электроники» и «Технология функциональных материалов и структур электроники», оснащенной следующим оборудованием и измерительной техникой:

1. Лабораторный стенд по изучению термоэлектрических явлений.
2. Установка магнетронного распыления материалов
3. Установка вакуум-термического напыления тонких пленок
3. Установка для измерения удельного сопротивления тонких пленок.
4. Лабораторный стенд изучения магнитных свойств.
5. Лабораторный стенд по измерению удельного сопротивления методом 4-х зондов.
6. Лабораторный стенд по измерению вольтамперных характеристик полупроводниковых элементов.
7. Лабораторный стенд по электрохимическому анодированию.
8. Лабораторный стенд измерения параметров полупроводниковых материалов по релаксации фотопроводимости.
9. Измеритель характеристик полупроводниковых приборов Л2-56;
10. Оптический микроскоп высокого разрешения LATIMET-20.
11. Установка контактной сварки.
12. Лабораторный стенд измерения ЭДС Холла.
13. Цифровые вольтметры, амперметры, мосты постоянного и переменного тока, генераторы, осциллографы, источники питания, мультиметры и др.
14. ПК-4 шт.
15. Ноутбук- 1 шт.
16. Оптический микроскоп МБС-1.
17. Стенд для измерения статических параметров интегральных схем.
18. Стенд для измерения динамических параметров интегральных схем.

Студенты имеют доступ через Интернет доступ к электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет), которая позволяет размещать электронные учебные курсы в свободном доступе для студентов университета.

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий используются:
лицензионное программное обеспечение и свободно распространяемые программы:

- Microsoft Office лицензия: Договор №135 от 22.05.2018, договор № л-21100 от 20.09.2017, сертификат от 29.11.2017, договор № 28/2017-31705322460 от 29.08.2017, договор № 18/2016-31603884322 от 12.08.2016, договор № 4/14-08 от 14.08.2015, договор № 1/01-12 от 01.12.2014, договор №0331100002314000061-0003152-01 от 25.11.2014, договор №0331100002314000077-0003152-01 от 29.12.2014, договор №0331100002314000038-0003152-01 от 10.09.2014, сертификат от 20.04.2009, сертификат от 18.06.2008, сертификат от 12.10.2007, сертификат от 14.03.2007;
- архиватор 7z, Adobe Acrobat Reader лицензия: предоставляется бесплатно на условиях по адресу <https://www.adobe.com/ru/legal/terms.html>;
- Mozilla Firefox лицензия: GPL/LGPL/MPL, Google Chrome лицензия: предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом по адресу <https://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html>.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. Специализированное помещение для инвалидов расположено по адресу: 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, главный учебный корпус университета, аудитория №145.

В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

- альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств на 20 -20 учебный год

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры
электроники и цифровых информационных технологий,
протокол № _____ от « _____ » _____ 2021 г.

Заведующий кафедрой _____ / Р.Ш. Тешев _____ /
подпись _____ расшифровка подписи _____ дата _____

