

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

**Кафедра электроники и цифровых информационных
технологий**

СОГЛАСОВАНО

**Руководитель образовательной
программы**

_____ **А.М. Кармоков**

«_____» _____ **2021 г.**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИИЭ и Р

_____ **Н.В. Черкесова**

«_____» _____ **2021 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.09 «Интегральные устройства электронных средств»

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: **Интегральные устройства 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 |
| Содержание разделов дисциплины..... | 5 |
| Структура дисциплины..... | 8 |
| Лекционные занятия..... | 8 |
| Практические (Семинарские) занятия..... | 9 |
| Лабораторные работы..... | 10 |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины..... | 10 |
| Курсовая работа..... | 11 |
| 5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации..... | 11 |
| Коллоквиум..... | 11 |
| Тесты | 15 |
| 5.4. Промежуточная аттестация..... | 20 |
| 7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности..... | 23 |
| 8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины..... | 24 |
| 9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий..... | 26 |
| 10. Материально-техническое обеспечение работы..... | 26 |
| Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля)..... | 29 |

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Интегральные устройства электронных средств» являются: приобретение студентами знаний в области монолитных интегральных схем (МИС), которые являются основой современных электронных систем, обеспечение понимания студентами структур интегральных устройств в их многообразии по выполняемым функциям, технологиям изготовления и уровню сложности.

Задачи дисциплины:

- ознакомление студентов с представлениями об уровне современной интегральной электроники, ее методах, средствах, проблемах и перспективах;
- ознакомление студентов с основными принципами работы активных и пассивных элементов интегральных схем;
- изучение общих принципов работы цифровых и аналоговых интегральных схем;
- применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств интегральной электроники.

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 «Интегральные устройства электронных средств» включена вариативную часть блока Б1.В.09 учебного плана подготовки бакалавров по направлению ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств по профилю "Конструирование и технология электронных радиоэлектронных средств".

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

Освоение учебной дисциплины (модуля) интегральные устройства 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 микроэлектро-

ники, 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:

- основные виды интегральных устройств радиоэлектроники;
- основные характеристики МИС с учетом схмотехнических решений и применяемой технологии;
- перспективность отдельных классов МИС для применения в современных электронных системах.

Уметь:

- применять полученные знания при решении задач проектирования радиоэлектронных средств;
- выбирать оптимальные МИС при проектировании электронных систем;
- определять необходимые средства обеспечения надежности электронных систем с учетом особенностей параметров МИС, входящих в систему;
- учитывать физическую структуру МИС и тип применяемой технологии при организации производства радиоэлектронных средств;
- проводить анализ эксплуатации электронных систем с позиции функционирования МИС, находящихся в составе систем.

Владеть:

- методами расчета отдельных узлов МИС;
- методами оценки блок-схем электронных подсистем с позиции выбора МИС для решения функциональных задач;
- основами прогнозирования развития технического уровня интегральных устройств в многофакторном пространстве.

4. Содержание и структура дисциплины

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. | Введение. | Интегрирование электронных компонентов в состав электронных блоков и формирование, таким образом, интегральных устройств как основное | ПК-3 | Т, К, |

| | | | | |
|----|--|---|------|----------|
| | | техническое направление совершенствования радиоэлектронных средств, устройств вычислительной техники, систем связи и других электронных систем, в том числе военного назначения. Монолитные интегральные схемы (МИС) как основа интегральных электронных устройств.. | | ПЗ |
| 2. | Основные структуры интегральных устройств | <p>Определение интегральных устройств радиоэлектроники; Основные структуры полупроводниковых интегральных схем (ИС); Состав элементной базы МИС; Степень интеграции элементов МИС.</p> <p>Разнообразие структур полупроводниковых интегральных схем, принципы классификации интегральных устройств. Понятие «степень интеграции элементов МИС» как критерий уровня новизны интегрального устройства.</p> | ПК-3 | Т, К, ЛР |
| 3. | Структуры МИС по типу технологии и материалу подложки | Структуры биполярных интегральных схем (ИС); Структуры ИС на полевых транзисторах; Комплементарные МОП структуры (КМОП) в составе ИС; Объединенные биполярные и КМОП структуры (БИКМОП); ИС на арсениде галлия. Основные классы МИС по типу используемой технологии при их изготовлении: технология биполярных транзисторов и технология полевых транзисторов. Разновидности этих технологий: КМОП структуры и БИКМОП структуры. Разнообразие используемых материалов подложки (кремний, материалы группы АШВВ, композиционные структуры типа кремний на сапфире (КНС) и другие). | ПК-3 | Т, К, ЛР |
| 4. | Структуры МИС по функциональному и схемотехническому признакам | Цифровые логические МИС; Аналоговые МИС и преобразователи. Многообразие структур МИС по функциональному и схемотехническому признакам. Два крупнейших класса МИС – цифровые и аналоговые устройства. Использование цифровых МИС при цифровой обработке данных и, прежде всего, в компьютерах и других цифровых устройствах. Использование аналоговых МИС при построении усилительных, приемопередающих устройств, а также в устройствах преобразования сигналов. | ПК-3 | Т, К, ЛР |
| 5. | Большие интегральные схемы (БИС) | Микропроцессорные системы: микропроцессоры; микроконтроллеры; однокристальные микроЭВМ. Большие интегральные схемы как современные однокристальные устройства, определяющие в значительной степени технический уровень электронных систем, находящихся как в разработках, так и в эксплуатации. | ПК-3 | Т,К, ЛР |

| | | | | |
|----|---|---|------|----------|
| | | Микропроцессорные системы (собственно микропроцессоры, процессорно ориентированные микроконтроллеры и однокристальные микро-ЭВМ) как основа построения всех устройств вычислительной техники. | | |
| 6. | Полупроводниковые запоминающие устройства | Деление ЗУ по способу доступа к данным; Виды ЗУ; Важнейшие параметры ЗУ; Энергонезависимые элементы памяти. Полупроводниковые запоминающие устройства как класс интегральных схем, занимающих особое место в иерархии БИС. Постоянное совершенствование схемотехнических решений ячеек памяти, увеличение информационной емкости ЗУ при универсальности применения запоминающих устройств. Неизменное соответствие данного класса перманентному повышению технического уровня изделий микроэлектроники. | ПК-3 | Т, К, ЛР |
| 7 | Базовые матричные кристаллы (БМК) | Базовые и функциональные ячейки; Каналы трассировки в БМК; Основные параметры БМК. Обеспечение функциональной гибкости проектируемого объекта при сохранении минимальных производственных затрат на изготовление различных по реализуемой функции устройств. Использование полузаказных интегральных схем, основным представителем которых являются базовые матричные кристаллы, в качестве оптимального решения. | ПК-3 | Т, К, ЛР |
| 8 | Сверхбольшие интегральные схемы (СБИС) | Структуры сверхбольших ИС на полупроводниках группы АШВV. Программируемые логические матрицы (ПЛИМ); Программируемые пользователем вентильные матрицы (ППВМ); Технологические методы программирования ИСПС. Сложность проектирования сверхбольших интегральных схем, обусловленная высоким числом элементов на кристалле (сотни тысяч и миллионы). Технология создания интегральных схем с программируемой пользователем структурой как способ снижения остроты данной проблемы. Применение программируемых логических матриц, вентильных матриц различной конфигурации в сочетании с технологией формирования переменных межсоединений элементов. Разделение процесса производства «заготовок» СБИС и его структурного исполнения в соответствии с заданным алгоритмом реализации функции. | ПК-3 | Т, К, ЛР |
| 9 | Элементы интегральной оптики | Принципы интегральной оптики. Основные компоненты интегральнооптических схем. Микроволноводные структуры на пассивных и активных | ПК-3 | Т, К, ЛР |

| | | | | |
|----|--|--|------|----------|
| | | подложках. Распределенная оптическая связь. Интегрально-оптические модуляторы, переключатели, фильтры, детекторы. Способы ввода и вывода излучения. Фокусирующие компоненты интегральной оптики. Разветвители. Интегральные оптоэлектронные схемы. | | |
| 10 | Элементы функциональной интегральной электроники | . Магнитные эффекты в тонких магнитных пленках. Цилиндрические магнитные домены. Управление движением ЦМД. Принципы построения запоминающих и логических элементов на ЦМД. Элементы криоэлектроники. Практическая значимость явления сверхпроводимости. Туннельные эффекты Джозефсона: принцип действия, основные свойства, применение. Основы акустоэлектроники. Пьезоэлектрический эффект. Объемные и поверхностные акустические волны. Пьезорезонаторы. Устройства на поверхностных акустических волнах: принцип действия, основные свойства, применение. | ПК-3 | Т, К, ЛР |

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 | |

Лекционные занятия

Таблица 3. Перечень лекционных занятий

| № п/п | Тема | Код контролируемой компетенции (или ее части) |
|-------|------|---|
| 1 | 2 | |

| | 7 семестр | |
|----|---|------|
| 1 | Интегральные схемы (ИС) как основа интегральных электронных устройств. | ПК-3 |
| 2 | Состав элементной базы ИС. Степень интеграции элементов МИС. | ПК-3 |
| 3 | Структуры биполярных интегральных схем (ИС) | ПК-3 |
| 4 | Структуры ИС на полевых транзисторах. | ПК-3 |
| 5 | Цифровые логические ИС | ПК-3 |
| 6 | Микропроцессорные системы: микропроцессоры; микроконтроллеры; однокристальные микро ЭВМ | ПК-3 |
| 7 | Полупроводниковые запоминающие устройства | ПК-3 |
| | 8 семестр | |
| 11 | Базовые матричные кристаллы | ПК-3 |
| 12 | Структуры сверхбольших ИС на полупроводниках группы АПВВ. | ПК-3 |
| 13 | Программируемые логические матрицы (ПЛМ) | ПК-3 |
| 14 | Принципы интегральной оптики. Основные компоненты интегрально-оптических схем. | ПК-3 |
| 15 | Интегрально-оптические модуляторы, переключатели, фильтры, детекторы. | ПК-3 |
| 16 | Интегральные оптоэлектронные схемы. | ПК-3 |
| 17 | Принципы построения запоминающих и логических элементов на ЦМД. | ПК-3 |
| 18 | Интегральные элементы криоэлектроники. | ПК-3 |

Практические (Семинарские) занятия

Таблица 4а. Перечень практических занятий(7семестр)

| № п/п | Наименование практических занятий | Код контролируемой компетенции (или ее части) |
|-------|---|---|
| 1 | Изучение топологических чертежей монолитных интегральных схем | ПК-3 |
| 2 | Изучение структуры и функциональных особенностей БИС | ПК-3 |
| 3 | Изучение структуры и функциональных возможностей СБИС. | ПК-3 |
| 4 | Цифровые интегральные схемы | ПК-3 |
| 5 | Аналоговые интегральные схемы | ПК-3 |
| 6 | Элементы криоэлектроники | ПК-3 |

| | | |
|---|--------------------------|------|
| 7 | Элементы оптоэлектроники | ПК-3 |
|---|--------------------------|------|

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 |

Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

| № п/п | Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение | Код контролируемой компетенции (или ее части) |
|-------|---|---|
| 1 | Пьезорезонаторы. Устройства на поверхностных акустических волнах: принцип действия, основные свойства, применение. | ПК-3 |
| 2 | Применение программируемых логических мат-риц, вентильных матриц различной конфигурации в сочетании с технологией формирования переменных межсоединений элементов. Разделение процесса производства «заготовок» СБИС и его структурного исполнения в соответствии с заданным алгоритмом реализации функции. | 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 |

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 |

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 перечень примерных 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 Концепция и основные понятия интегральной оптоэлектроники.
- 2 Назначение, состав и характеристики интегрально-оптических схем.
- 3 Спонтанное и вынужденное излучение в полупроводниках.
- 4 Источники излучения интегрально-оптических схем. Лазерные диоды на p-n переходе.
- 5 Источники излучения интегрально-оптических схем. Лазеры с туннельной инжекцией.
- 6 Источники излучения интегрально-оптических схем. Лазеры на гетероструктурах.
- 7 Источники излучения интегрально-оптических схем. Лазеры с распределенной обратной связью.
- 8 Полупроводниковые оптические усилители.
- 9 Волоконно-оптические усилители.
- 10 Приемники излучения интегрально-оптических схем. P-i-n фотодиод.
- 11 Приемники излучения интегрально-оптических схем. Фотодиод на p-n переходе. Ассиметричный переход.
- 12 Приемники излучения интегрально-оптических схем. Фотодиоды на основе барьера Шоттки.
- 13 Приемники излучения интегрально-оптических схем. Лавинный фотодиод. P-i-n фотодиод.
- 14 Пассивные планарные элементы интегрально-оптических схем. Общая характеристика.
- 15 Геометрическая оптика планарных волноводов. Волноводные моды.
- 16 Электромагнитная теория планарных волноводов. Волновые уравнения.
- 17 Тонкопленочные волноводы: основы теории и технологии.
- 18 Диффузионные волноводы: технология и материалы.
- 19 Электрооптические волноводы: основы теории и материалы.
- 20 Потери в оптических волноводах. Методы и средства измерения потерь.
- 21 Элементы ввода-вывода излучения волноводов.
- 22 Элементы сопряжения волноводов с оптическим волокном.
- 23 Интегрально-оптические разветвители.
- 24 Интегрально-оптические линзы.
- 25 Интегрально-оптические поляризационные и спектральные фильтры.
- 26 Интегрально-оптические модуляторы. Общая характеристика и принцип действия.
- 27 Электрооптический модулятор Маха-Цандера.
- 28 Электрооптический модулятор на связанных волноводах.
- 29 Электрооптический модулятор отражающего типа.
- 30 Абсорбционный модулятор на эффекте Франца-Келдыша.
- 31 Электрооптический дефлектор Брэгга.
- 32 Акустооптический дефлектор Брэгга.

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. |

Тесты

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

Задания для практических и лабораторных занятий

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 приобретается 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 |

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.

Промежуточная аттестация

Зачет

(Контролируемая компетенция ПК-3)

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

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.

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 защите.

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, затрудняться 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- чета) | Владеет программным материалом. Справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний. Владеет разносторонними навыками и приемами выполнения 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 бал- ла | 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. Перечень примерных вопросов выносимых на экзамен приведен ниже:

1. ИМС повышенной степени интеграции. Многоколлекторные транзисторы.
2. Работа транзистора в ключевом режиме. Прохождение прямоугольных импульсов через каскад на основе биполярного транзистора
3. Применение полевых транзисторов в микроэлектронике. Варианты конструкции МДП-транзисторов ИМС.
4. Использование выпрямляющего контакта металл-полупроводник для увеличения быстродействия биполярных транзисторов Транзисторы с диодом Шоттки.
5. Диодные структуры в микроэлектронике. Сравнительная характеристика.
6. Влияние подложки ИМС на параметры и характеристики интегральных диодов и стабилитронов.
7. Конструктивные особенности активных элементов полупроводниковых микросхем на основе полевых транзисторов. КМОП структуры.
8. Сущность эффектов короткого канала в МДП структурах. Механизм влияния короткоканальных эффектов на пороговое напряжение транзисторов.
9. ВАХ характеристики МДП транзисторов с коротким и длинным каналом. Сравнительный анализ.
10. Основные проблемы миниатюризации МДП транзисторов. Выбор материала подзатворного диэлектрика.
11. Конструктивные особенности субмикронных транзисторов LDD структуры и их влияние на эффекты короткого канала.
12. Современные МДП транзисторы на основе технологии «напряженного» кремния. Принцип действия. Критерии выбора материала для формирования области канала таких транзисторов.
13. Структура современных МДП транзисторов, выполненных на основе технологии «кремний на изоляторе». Перспективы дальнейшего уменьшения размеров МДП транзисторов.
14. Резистивные элементы полупроводниковых ИМС. Пленочные и диффузионные резисторы.
15. Конденсаторы и индуктивные элементы в микроэлектронике.
16. Приборы с зарядовой связью, сфера применения и принцип действия.
17. Физические ограничения в микроэлектронике. Электромиграция в ИМС. Влияние межэлементных соединений на работу ИМС. Понятие задержки импульса.
18. Сравнительная характеристика подложек на основе кремния и арсенида галлия. Структура полевых транзисторов с управляющим переходом металл-полупроводник.
19. Принцип действия транзисторов с управляющим переходом металл-полупроводник. Анализ стоковых и сток-затворных характеристик.

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 отчетливо 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, недобравший 36 баллов в ходе текущего и рубежного контроля, к экзамену не допускается. Ниже приведены критерии и показатели оценивания промежуточной аттестации.

Таблица 10б. 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 изготовления изделий микроэлектроники. ✓ ПК-3.2. Дает предложения по ликвидации брака в производстве изделий микроэлектроники. | Знать: <ul style="list-style-type: none"> – основные виды интегральных устройств радиоэлектроники;(31) – основные характеристики МИС с учетом схемотехнических решений и применяемой технологии;(32) – перспективность отдельных классов МИС для применения в современных электронных системах.(33) |
| | Уметь: <ul style="list-style-type: none"> – применять полученные знания при решении задач проектирования радиоэлектронных средств(У1) – выбирать оптимальные МИС при проектировании электронных систем;(У2) |

| | |
|---|---|
| ✓ ПК-3.3. Предлагает внесение изменений в техпроцесс. | <ul style="list-style-type: none"> – определять необходимые средства обеспечения надежности электронных систем с учетом особенностей параметров МИС, входящих в систему;(У3) – учитывать физическую структуру МИС и тип применяемой технологии при организации производства радиоэлектронных средств;(У4) – проводить анализ эксплуатации электронных систем с позиции функционирования МИС, находящихся в составе систем.(У5) |
| | Владеть: <ul style="list-style-type: none"> – методами расчета отдельных узлов МИС;(В1) – методами оценки блок-схем электронных подсистем с позиции выбора МИС для решения функциональных задач;(В2) – основами прогнозирования развития технического уровня интегральных устройств в многофакторном пространстве.(В3) |

Таблица 12. Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Элементы компетенции | | |
|----------------------------|--|--|---|
| | 31, 32, 33 | У1, У2, У3, У4,У5 | В1, В2, В3 |
| 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). 2. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 3. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 4. <i>Зачет</i> (см., разд.5, Табл.10а) 6. Экзамен (см., разд.5, Табл.10б) | 1. <i>Допуск и выполнение лабораторной работы</i> (см., разд.5, Табл.9) 2. <i>Обработка результатов и подготовка отчета о выполненной работе.</i> (см., разд.5, Табл.9) 3. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 4. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 5. <i>Зачет</i> (см., разд.5, Табл.10) | 1. <i>Защита результатов лабораторной работы</i> (см., разд.5, Табл.9) 2. <i>Тестирование</i> (см., разд.5, Табл.8) 3. <i>Коллоквиум</i> (см., разд.5, Табл.7) 4. <i>Зачет</i> (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» (Низкий уровень) | Отрывочные знания, путает основные понятия и категории в изучаемой области. | Умения не позволяют выполнить несложные задачи в изучаемой области, совершает ошибки. | Испытывает трудности 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 Excell, 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:

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

учебников. Дисциплина обеспечена:

- тестовыми 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-ми 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

| № п/п | Элемент (пункт)РДП | Перечень вносимых изменений (дополнений) | Примечание |
|----------|--------------------|---|------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

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

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

