**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Микросенсорика интеллектуальных систем**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **физической электроники (ФЭ)**
Курс: **3, 4**
Семестр: **6, 7**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 6 семестр | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 28 | | 28 | часов |
| Практические занятия | 14 | | 14 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | | 16 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 16 | | 16 | часов |
| Курсовой проект | | 18 | 18 | часов |
| Самостоятельная работа | 50 | 54 | 104 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 108 | 72 | 180 | часов |
| | 3 | 2 | 5 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Зачет с оценкой | 6 |
| Курсовой проект | 7 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83784

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Приобретение теоретических и практических навыков необходимых при проектировании изделий микроэлектроники и микросистемной техники.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучить базовые конструкции элементов гибридных интегральных схем.
2. Изучить основные этапы, а также набор конструкторской документации при проектировании гибридных интегральных схем.
3. Изучить материалы, применяемые при изготовлении гибридных интегральных схем.
4. Изучить базовое программное обеспечение, применяемое для расчета, проектирования и моделирования гибридных интегральных схем.
5. Изучить конструктивные особенности и методики расчета элементов полупроводниковых ИМС.
6. Изучить базовые конструкции элементов микросистемной техники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.06.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |
| ПК-5. Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов | ПК-5.1. Знает методы оценки эффективности технологических процессов | Знает базовые технологические процессы изготовления приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники, а также методику их выбора на основе технико-экономического обоснования |
| | ПК-5.2. Умеет составлять бизнес-план технического проекта | Умеет составлять технико-экономическое обоснование технологического процесса изготовления приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПК-5.3. Владеет методами рационализации технологических процессов | Владеет методами рационализации технологических процессов изготовления приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |

Согласована на портале № 83784

| | | |
|---|---|---|
| ПК-6. Готов рассчитывать и проектировать компоненты нано- и микросистемной техники | ПК-6.1. Знает основные методики проектирования и расчета компонентов нано- и микросистемной техники | Знает базовые методики расчета и проектирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПК-6.2. Умеет рассчитывать параметры компонентов нано- и микросистемной техники | Умеет рассчитывать параметры приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПК-6.3. Владеет навыками работы в прикладных программах для расчета и проектирования компонентов нано- и микросистемной техники | Владеет базовыми навыками работы в прикладном программном обеспечении для расчета и проектирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| ПК-8. Готов разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и других нормативных документов | ПК-8.1. Знает нормативные документы проектно-конструкторской деятельности | Знает перечень нормативных документов для проектно-конструкторской документации на приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПК-8.2. Умеет разрабатывать основные составляющие проектно-конструкторской документации | Умеет разрабатывать проектно-конструкторскую документацию на приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПК-8.3. Владеет навыками работы в программах по разработке проектно-конструкторской документации | Владеет практическими навыками работы с программным обеспечением для разработки проектно-конструкторской документации на приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники |
| ПК-9. Способен владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и наноэлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования | ПК-9.1. Знает принципы проектирования изделий микро- и наносистемной техники | Знает базовые принципы проектирования и конструирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПК-9.2. Умеет рассчитывать параметры и характеристики приборов и устройств микро- и наносистемной техники | Умеет рассчитывать основные параметры и характеристики приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПК-9.3. Владеет навыками работы в прикладных программах для расчета и проектирования устройств микро- и наносистемной техники | Владеет базовыми навыками работы в прикладных программах для расчета и проектирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся**

Согласована на портале № 83784

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры | |
|---|---|---|---|
| | | 6 семестр | 7 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 76 | 58 | 18 |
| Лекционные занятия | 28 | 28 | |
| Практические занятия | 14 | 14 | |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | |
| Курсовой проект | 18 | | 18 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 104 | 50 | 54 |
| Подготовка к тестированию | 16 | 16 | |
| Подготовка к зачету с оценкой | 18 | 18 | |
| Подготовка к контрольной работе | 4 | 4 | |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 12 | 12 | |
| Написание отчета по курсовому проекту | 54 | | 54 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 180 | 108 | 72 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 5 | 3 | 2 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Курс. пр. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | | | | |
| 1 Введение | 2 | - | - | - | 4 | 6 | ПК-5, ПК-6, ПК-9 |
| 2 Конструкция и расчет элементов тонкопленочных гибридных микросхем | 4 | 10 | 12 | - | 14 | 40 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| 3 Проектирование топологии тонкопленочных гибридных микросхем | 6 | 4 | 4 | - | 10 | 24 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| 4 Конструкция и расчет элементов толстопленочных гибридных микросхем | 2 | - | - | - | 4 | 6 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| 5 Проектирование топологии толстопленочных микросхем | 2 | - | - | - | 4 | 6 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| 6 Основные элементы топологии полупроводниковых интегральных схем | 8 | - | - | - | 8 | 16 | ПК-6, ПК-9 |
| 7 Конструкции элементов микросистем | 4 | - | - | - | 6 | 10 | ПК-6 |
| Итого за семестр | 28 | 14 | 16 | 0 | 50 | 108 | |

Согласована на портале № 83784

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | | | | |
| 8 Курсовой проект | - | - | - | 18 | 54 | 72 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| Итого за семестр | 0 | 0 | 0 | 18 | 54 | 72 | |
| Итого | 28 | 14 | 16 | 18 | 104 | 180 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |
| 1 Введение | Основные проблемы и задачи курса. Классификация микросхем по функциональным, структурным и конструкторско-технологическим признакам. Система условных обозначений микросхем. Маркировка. | 2 | ПК-5, ПК-6 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Конструкция и расчет элементов тонкопленочных гибридных микросхем | Типы подложек. Конструкции и расчет тонкопленочных резисторов. Конструкции и расчет тонкопленочных конденсаторов. Конструкции и расчет тонкопленочных индуктивностей. Расчет пленочных проводников и контактных площадок. Конструкции навесных компонентов. Конструкции и расчет СВЧ ГИС. Конструкции и расчет элементов толстопленочных ИС. | 4 | ПК-5, ПК-6, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Проектирование топологии тонкопленочных гибридных микросхем | Особенности топологии тонкопленочных гибридных ИС и этапы ее расчета и проектирования. Паразитные связи в гибридных микросхемах. Расчет теплового режима гибридной микросхемы. Расчет зон теплового влияния. Герметизация ИМС. Требования к герметизации. Типы корпусов. Разварка корпуса. Способы разварки. Герметизация корпусов, способы. Контроль герметизации корпусов. Конструкторская документация. Программное обеспечение для проектирования и расчета топологии тонкопленочных микросхем | 6 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 6 | |

Согласована на портале № 83784

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Конструкция и расчет элементов толстопленочных гибридных микросхем | Виды подложек толстопленочных гибридных микросхем. Конструкции и расчет толстопленочных резисторов. Конструкции и расчет толстопленочных конденсаторов. | 2 | ПК-6 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Проектирование топологии толстопленочных микросхем | Особенности топологии толстопленочных гибридных ИС и этапы ее проектирования. Материалы применяемые в толстопленочной технологии. Технологический процесс изготовления толстопленочной ИС. Подгонка номиналов элементов. | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Основные элементы топологии полупроводниковых интегральных схем | Подложки полупроводниковых микросхем. Основные элементы реализуемые в полупроводниковой технологии, их конструкции, расчет и параметры: интегральные транзисторы n-p-n и p-n-p, многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы, транзисторы супер бетта, составные транзисторы (схема Дарлингтона, схема Шиклаи, каскодные схемы), интегральные диоды на основе p-n перехода, интегральные диоды Шоттки, транзисторы с диодом Шоттки, интегральные конденсаторы, интегральные резисторы, интегральные МДП-транзисторы, комплементарные пары. Тестовые элементы. Фигуры совмещения. Базовые технологии измерения параметров диффузионных слоев. Межоперационный контроль. Разработка топологии полупроводниковых ИМС. Правила проектирования топологии ИМС. Системы на кристалле. Системы в корпусе. Базово матричные кристаллы (БМК). | 8 | ПК-6, ПК-9 |
| | Итого | 8 | |
| 7 Конструкции элементов микросистем | Микроэлектромеханические системы (МЭМС). Фотонные кристаллы. Датчики. Сенсоры. Биочипы. Биореакторы. «Лаборатория на кристалле». | 4 | ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 28 | |
| **7 семестр** | | | |

Согласована на портале № 83784

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 Курсовой проект | Проектирование и расчет топологии полупроводниковых и гибридных микросхем. Корпусирование. Разварка выводов. Герметизация. Оформление конструкторской документации | - | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | - | |
| Итого за семестр | | - | |
| Итого | | 28 | |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |
| 2 Конструкция и расчет элементов тонкопленочных гибридных микросхем | Расчет конструкции тонкопленочных резисторов | 4 | ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| | Расчет конструкции тонкопленочных конденсаторов | 2 | ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| | Контрольная работа по расчету конструкции тонкопленочного резистора | 2 | ПК-6, ПК-9 |
| | Контрольная работа по расчету конструкции тонкопленочного конденсатора | 2 | ПК-6, ПК-9 |
| | Итого | 10 | |
| 3 Проектирование топологии тонкопленочных гибридных микросхем | Расчет тепловых режимов элементов гибридных микросхем | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| | Контрольная работа по тепловому расчету | 2 | ПК-6, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 14 | |
| Итого | | 14 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |
| 2 Конструкция и расчет элементов тонкопленочных гибридных микросхем | Исследование конструкции тонкопленочных конденсаторов | 4 | ПК-6, ПК-9 |
| | Исследование конструкции тонкопленочных резисторов | 4 | ПК-6, ПК-9 |
| | Определение параметров тонких пленок | 4 | ПК-6, ПК-9 |
| | Итого | 12 | |

Согласована на портале № 83784

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Проектирование топологии тонкопленочных гибридных микросхем | Исследование топологии гибридных интегральных схем | 4 | ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

### 5.5. Курсовой проект

Содержание, трудоемкость контактной аудиторной работы и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание контактной аудиторной работы и ее трудоемкость

| Содержание контактной аудиторной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|
| **7 семестр** | | |
| Анализ и моделирование схемы. Определение электрических характеристик отдельных элементов схемы. Верификация моделирования. | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| Создание предварительной проектно-конструкторской документации: разработка коммутационной схемы, предварительного топологического чертежа. Предварительный расчет площади платы, выбор типоразмера платы, выбор корпуса и способа монтажа платы в корпус. | 4 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| Оптимизация топологического чертежа и составление полного комплекта проектно-конструкторской документации. Оформление пояснительной записки с учетом ОСТ ТУСУР. | 4 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| Расчет тонкопленочных элементов гибридной микросхемы. Выбор навесных элементов. | 4 | ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| Проведение контрольно-проверочного расчета. Расчет теплового режима и зон теплового влияния | 4 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 |
| Итого за семестр | 18 | |
| Итого | 18 | |

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Проектирование микросхемы К237УЛ3
2. Проектирование микросхемы К2УС2412
3. Проектирование микросхемы К237ХА5
4. Проектирование микросхемы К237ХА3
5. Проектирование микросхемы К237ХА1

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 83784

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Введение | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-6, ПК-9 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-6, ПК-9 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Конструкция и расчет элементов тонкопленочных гибридных микросхем | Подготовка к контрольной работе | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-9 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-9 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-9 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8 | ПК-5, ПК-6, ПК-9 | Лабораторная работа |
| | Итого | 14 | | |
| 3 Проектирование топологии тонкопленочных гибридных микросхем | Подготовка к контрольной работе | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Лабораторная работа |
| | Итого | 10 | | |
| 4 Конструкция и расчет элементов толстопленочных гибридных микросхем | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 4 | | |
| 5 Проектирование топологии толстопленочных микросхем | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 4 | | |
| 6 Основные элементы топологии полупроводниковых интегральных схем | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-6, ПК-9 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-6, ПК-9 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 8 | | |
| 7 Конструкции элементов микросистем | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-6 | Тестирование |
| | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-6 | Зачёт с оценкой |
| | Итого | 6 | | |
| Итого за семестр | | 50 | | |
| **7 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 83784

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8 Курсовой проект | Написание отчета по курсовому проекту | 54 | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
| | Итого | 54 | | |
| Итого за семестр | | 54 | | |
| Итого | | 104 | | |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Курс. пр. | Сам. раб. | |
| ПК-5 | + | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Курсовой проект, Лабораторная работа, Отчет по курсовому проекту, Тестирование |
| ПК-6 | + | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Курсовой проект, Лабораторная работа, Отчет по курсовому проекту, Тестирование |
| ПК-8 | + | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Курсовой проект, Лабораторная работа, Отчет по курсовому проекту, Тестирование |
| ПК-9 | + | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Курсовой проект, Лабораторная работа, Отчет по курсовому проекту, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | |
| Зачёт с оценкой | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Контрольная работа | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Лабораторная работа | 0 | 10 | 10 | 20 |
| Тестирование | 5 | 5 | 10 | 20 |
| Итого максимум за период | 25 | 35 | 40 | 100 |
| Нарастающим итогом | 25 | 60 | 100 | 100 |

Согласована на портале № 83784

Балльные оценки для курсового проекта представлены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсового проекта

| Формы контроля | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |
| Отчет по курсовому проекту | 20 | 20 | 60 | 100 |
| Итого максимум за период | 20 | 20 | 60 | 100 |
| Нарастающим итогом | 20 | 40 | 100 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 2 |

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 – 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 – 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 – 84 | C (хорошо) |
| | 70 – 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 – 69 | |
| | 60 – 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Проектирование электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники: Учебное пособие / А. А. Жигальский - 2024. 201 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11209.

2. Богомолов Б.К. Основы проектирования электронной компонентной базы: учебное пособие. / Б. К. Богомолов, А. Н. Денисов. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.-64 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/404588#1.

3. Гридчин А.В. Микро датчики и микросистемы. Краткий курс лекций: учебное пособие / А. В. Гридчин. - Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2021. - 226 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/216290#2.

### 7.2. Дополнительная литература

Согласована на портале № 83784

1. Справочное пособие по конструированию микросхем : справочное издание / Э. А. Матсон, Д. М. Крыжановский. - Минск : Вышэйшая школа, 1982. - 224 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.).

2. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок : Учебник для вузов / Л. А. Коледов. - М. : Радио и связь, 1989. - 400 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.).

3. Конструкции и технология микросхем : Учебное пособие для вузов / Э. А. Матсон. - Минск : Вышэйшая школа, 1985. - 206 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.).

4. Технология и конструирование интегральных микросхем : Учебное пособие для вузов / А. С. Березин, О. Р. Мочалкина ; ред. : И. П. Степаненко. - М. : Радио и связь, 1983. - 232 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.).

5. Микроэлектроника: Проектирование, виды микросхем, функциональная микроэлектроника : Учебное пособие для вузов / Иван Ефимович Ефимов, Иван Яковлевич Козырь, Ю.И. Горбунов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1987. - 416 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 27 экз.).

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Проектирование электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе студентов / А. А. Жигальский - 2025. 40 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11212.

2. Матсон Э.А. Конструкции и расчет микросхем и микроэлементов ЭВА : Курсовое и дипломное проектирование: Учебное пособие для вузов / Э. А. Матсон, Д. В. Крыжановский, В. И. Петкевич. - Минск : Вышэйшая школа, 1979. - 192 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 28 экз.).

3. Конструирование и технология микросхем: Курсовое проектирование : Учебное пособие для вузов / Л. А. Коледов, В. А. Волков, Н. И. Докучаев и др.; Ред. Л. А. Коледов. - М. : Высшая школа, 1984. - 230 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.).

4. Проектирование электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники: Учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / А. А. Жигальский - 2025. 25 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11211.

5. Проектирование электронной компонентной базы микроэлектроники и микросистемной техники: Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / Т. И. Данилина, Ю. В. Сахаров - 2025. 36 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/11210.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

Согласована на портале № 83784

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория физики конденсированного состояния и материалов электронной техники: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 119 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные макеты: «Температурные свойства ферромагнитных материалов», «Температурные свойства проводящих материалов», «Объемное и поверхностное сопротивление изоляционных материалов», «Пробой тонкопленочных конденсаторов (ТПК)», «Температурная зависимость проводимости диэлектриков», «Фотоэлектрические свойства полупроводниковых материалов», «Определение ширины запрещенной зоны полупроводников», «Определение термо-ЭДС полупроводников», «Эффект Холла», «Эффект Пельтье».
- Лабораторное оборудование и приборы: измеритель Е7-8 (2 шт.), вольтметр В7-22А (5 шт.), амперметр Ф-195, М-253 (2 шт.), источник постоянного тока Б5-47, электрометр В7Э-42, мультиметр В7-22А (2 шт.), измеритель иммитанса Е7-20, тераомметр Е6-13, печь лабораторная (2 шт.), прибор для исследования пробоя ТПК, лабораторный стенд СФП-5 (2 шт.), вольтметр В7-26, вольтметр цифровой Ф4214, вольтметр Ф238,

источник постоянного тока Б5-47, измеритель иммитанса Е7-20;

- Компьютерные лабораторные работы (4 шт.);
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (4 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория технологии интегральных схем: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 116 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Установка вакуумного напыления УРМ-3 (2 шт.);
- Установка вакуумного напыления УВН-2М-1;
- Установка вакуумного напыления ВУП-5;
- Насос Вакуумный 2 НВР-5ДМ;
- Вакуумметр ВИТ-2;
- Источник питания УИП-2 (2 шт.);
- Измеритель иммитанса Е7-20;
- Источник питания HY 3003;
- Микроскоп ММУ-3;
- Микроскоп МИИ-4;
- Микроскоп МБС-9;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для курсового проекта

Согласована на портале № 83784

Лаборатория физики конденсированного состояния и материалов электронной техники: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 119 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные макеты: «Температурные свойства ферромагнитных материалов», «Температурные свойства проводящих материалов», «Объемное и поверхностное сопротивление изоляционных материалов», «Пробой тонкопленочных конденсаторов (ТПК)», «Температурная зависимость проводимости диэлектриков», «Фотоэлектрические свойства полупроводниковых материалов», «Определение ширины запрещенной зоны полупроводников», «Определение термо-ЭДС полупроводников», «Эффект Холла», «Эффект Пельтье».
- Лабораторное оборудование и приборы: измеритель Е7-8 (2 шт.), вольтметр В7-22А (5 шт.), амперметр Ф-195, М-253 (2 шт.), источник постоянного тока Б5-47, электрометр В7Э-42, мультиметр В7-22А (2 шт.), измеритель иммитанса Е7-20, тераомметр Е6-13, печь лабораторная (2 шт.), прибор для исследования пробоя ТПК, лабораторный стенд СФП-5 (2 шт.), вольтметр В7-26, вольтметр цифровой Ф4214, вольтметр Ф238,

источник постоянного тока Б5-47, измеритель иммитанса Е7-20;

- Компьютерные лабораторные работы (4 шт.);
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (4 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.5. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например,

Согласована на портале № 83784

текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Введение | ПК-5, ПК-6, ПК-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Конструкция и расчет элементов тонкопленочных гибридных микросхем | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Проектирование топологии тонкопленочных гибридных микросхем | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Конструкция и расчет элементов толстопленочных гибридных микросхем | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Проектирование топологии толстопленочных микросхем | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Основные элементы топологии полупроводниковых интегральных схем | ПК-6, ПК-9 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Согласована на портале № 83784

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 Конструкции элементов микросистем | ПК-6 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 8 Курсовой проект | ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |

Согласована на портале № 83784

| | |
|---|---|
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какие из резистивных материалов применяются при изготовлении высокоомных резисторов?
   а) керметы
   б) сплавы
   в) чистые металлы
2. Какому классу чистоты должны соответствовать подложки, применяемые в тонкопленочной технологии?
   а) 14
   б) 10
   в) 8
3. Какие из резистивных материалов не применяется при изготовлении термостабильных резисторов?
   а) керметы
   б) сплавы
   в) чистые металлы
4. Если шаг координатографа 1 мм, а масштаб 10:1, то какой будет топологическая ширина резистора, если bтехн=300 мкм, bточн=305 мкм, bр=350 мкм?
   а) 350 мкм
   б) 300 мкм
   в) 400 мкм
5. С определения какого параметра начинается расчет резистора с коэффициентом формы 10>Кф>1?
   а) с расчета ширины резистора, b
   б) с расчета длины резистора, l
   в) с расчета мощности резистора, P
6. При плавной подгонке сопротивления какой из надрезов обеспечивает «грубую»/ «плавную» подгонку?
   а) вдоль/поперек
   б) поперек/вдоль
   в) под углом
7. Максимальная толщина диэлектрической пленки для тонкопленочных конденсаторов составляет?
   а) 1 мкм
   б) 0,1 мкм
   в) 10 мкм
8. Какому классу чистоты должны соответствовать подложки, применяемые в полупроводниковых ИМС?
   а) 14
   б) 10
   в) 8
9. Какие виды изоляции относятся к комбинированному способу?
   а) изопланарная технология
   б) полипланарная технология

Согласована на портале № 83784

в) эпипланарная технология
г) декаль метод
д) метод балочных выводов
е) коллекторная изолирующая диффузия

10. Какая из операций по формированию полупроводниковой ИМС выполняется самой первой, при условии использования подложки с эпитаксиальным слоем?
а) формирование изолированных областей
б) формирование базы транзисторов
в) формирование эмиттеров транзисторов
г) формирование защитного слоя
д) формирование металлизации

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Подложки ГИС. Назначение. Требования к материалу подложек. Материалы подложек ГИС.
2. Материалы пленок тонкопленочных ИМС.
3. Конфигурации тонкопленочных резисторов. Расчет конструкции тонкопленочных резисторов.
4. Конструкции тонкопленочных резисторов с подгонкой сопротивления.
5. Конструкции пленочных конденсаторов. Ограничения при проектировании пленочных конденсаторов. Расчет пленочного конденсатора.
6. Конструкции подгоняемых тонкопленочных конденсаторов. Материалы тонкопленочных конденсаторов. Требования к материалам тонкопленочных конденсаторов.
7. Конструкции пленочных индуктивностей. Номиналы индуктивностей. Способы повышения номиналов индуктивностей.
8. Конструкции тонкопленочных распределенных RC-структур.
9. Навесные элементы ГИС.
10. Особенности проектирования СВЧ ГИС. Элементы СВЧ ГИС.

### 9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсового проекта

1. Обоснуйте выбор материала для изготовления тонкопленочных резисторов.
2. Обоснуйте выбор материала подложки.
3. Как учитывался тепловой расчет и расчет паразитных связей при проектировании топологии ИМС.
4. Обоснуйте выбор навесных компонентов.
5. Обоснуйте выбор материала для изготовления тонкопленочных конденсаторов.
6. Обоснуйте выбор корпуса для ИМС.
7. Как учитывались технологические ограничения при проектировании топологии ИМС.

### 9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых проектов

1. Проектирование микросхемы К237УЛ3
2. Проектирование микросхемы К2УС2412
3. Проектирование микросхемы К237ХА5
4. Проектирование микросхемы К237ХА3
5. Проектирование микросхемы К237ХА1

### 9.1.5. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. **Вариант 1**. Рассчитать размеры тонкопленочных резисторов. $\gamma_{\rho s}$=2% , $\gamma_{Rст}$=1%, $\gamma_{Rк}$=1%.

| Резистор | Номинал, Ом | Допуск, % | Мощность рассеяния, мВт | Диапазон температур, °С | Шаг координатной сетки, мм | Метод изготовления/ масштаб |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R1 | 600 | 10 | 10 | -60 ÷ +55 | 0.5 | Ф |
| R2 | 10000 | 10 | 15 | | | Масштаб |
| R3 | 125000 | 15 | 10 | | | 10:1 |

Согласована на портале № 83784

2. **Вариант 9**. Рассчитать размеры тонкопленочных резисторов. $\gamma_{\rho s}$=2% , $\gamma_{Rст}$=1%, $\gamma_{Rк}$=1%.

| Резистор | Номинал, Ом | Допуск, % | Мощность рассеяния, мВт | Диапазон температур, °С | Шаг координатной сетки, мм | Метод изготовления/ масштаб |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R1 | 800 | 7 | 10 | -30 ÷ +99 | 0.5 | Ф |
| R2 | 5500 | 7 | 25 | | | Масштаб |
| R3 | 80000 | 15 | 15 | | | 10:1 |

3. **Вариант 1**. Рассчитать размеры тонкопленочных конденсаторов. $\gamma_{C0}$=4% , $\gamma_{Cст}$=1%,

| | Номинал, пФ | Частота, МГц | Допуск, % | Рабочее напряжение В | Диапазон температур, °С | Шаг координатной сетки, мм | Метод изготовления/ масштаб |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | 80 | 5 | 15 | 10 | -60 ÷ +70 | 1 | М |
| C2 | 240 | | 15 | 10 | | | Масштаб |
| C3 | 650 | | 15 | 15 | | | 10:1 |

4. **Вариант 10**. Рассчитать размеры тонкопленочных конденсаторов. $\gamma_{C0}$=4% , $\gamma_{Cст}$=1%,

| | Номинал, пФ | Частота, МГц | Допуск, % | Рабочее напряжение В | Диапазон температур, °С | Шаг координатной сетки, мм | Метод изготовления/ масштаб |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | 1200 | 1 | 15 | 10 | -60 ÷ +85 | 1 | М |
| C2 | 1600 | | 15 | 15 | | | Масштаб |
| C3 | 2000 | | 15 | 15 | | | 10:1 |

5. **Вариант №1** Произвести тепловой расчет и рассчитать зоны теплового влияния для следующих элементов:

| Элемент | l, мм | b, мм | Рэ, мВт | Rт внут, град/Вт | Tмах,°С |
|---|---|---|---|---|---|
| R1 | 1,5 | 0,6 | 15 | | 125 |
| R2 | 2 | 0,8 | 10 | | 125 |
| R3 | 0,8 | 1,7 | 15 | | 125 |
| R4 | 1,1 | 0,5 | 15 | | 125 |
| VT1 | 1 | 1 | 15 | 600 | 85 |

Элементы размещены на плате размером 10х15 мм и толщиной 0,45 мм. Конструктивный вариант ИМС- **вариант 4** со следующими параметрами: $h_{к1}$=100 мкм, $h_{к2}$=500 мкм, $\lambda_{к1}$=0,5 Вт/(м*град), $\lambda_{к2}$=0,5 Вт/(м*град), $\lambda_{п}$=1,5 Вт/(м*град). Транзистор VT1 расположен на резисторе R2. Температура окружающей среды Токр.ср.=-60 ÷ +60°С. Результаты расчета привести в виде таблицы:

6. **Вариант №11** Произвести тепловой расчет и рассчитать зоны теплового влияния для следующих элементов:

| Элемент | l, мм | b, мм | Рэ, мВт | Rт внут, град/Вт | Tмах,°С |
|---|---|---|---|---|---|
| R1 | 1,3 | 0,4 | 10 | | 125 |
| R2 | 1,8 | 0,6 | 15 | | 125 |
| R3 | 0,8 | 1,7 | 10 | | 125 |
| R4 | 1,1 | 0,5 | 25 | | 125 |
| VT1 | 1,1 | 1,1 | 18 | 720 | 85 |

Элементы размещены на плате размером 10х15 мм и толщиной 0,7 мм. Конструктивный вариант ИМС- **вариант 3** со следующими параметрами: $h_{к1}$=100 мкм, $h_{к2}$=100 мкм, $\lambda_{к1}$=0,5 Вт/(м*град), $\lambda_{к2}$=0,5 Вт/(м*град), $\lambda_{п}$=1,5 Вт/(м*град). Транзистор VT1 расположен на резисторе R1. Температура окружающей среды Токр.ср.=-60 ÷ +55°С. Результаты расчета привести в виде таблицы:

### 9.1.6. Темы лабораторных работ

1. Исследование конструкции тонкопленочных конденсаторов
2. Исследование конструкции тонкопленочных резисторов
3. Определение параметров тонких пленок
4. Исследование топологии гибридных интегральных схем

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком

Согласована на портале № 83784

учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

Конспектирование студентами лекционного материала обязательно. Обязательным условие допуска к экзамену является выполнение и защита всех лабораторных работ, а также написание контрольных работ на положительную оценку

### 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

Согласована на портале № 83784

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 83784

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 163 от «26» 11 2024 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ФЭ | И.В. Кулинич | Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9-8776-2e1f79c72b0a |
| Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ | И.В. Кулинич | Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9-8776-2e1f79c72b0a |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | И.В. Кулинич | Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9-8776-2e1f79c72b0a |
| Профессор, каф. ФЭ | П.Е. Троян | Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Профессор, каф. ФЭ | Ю.В. Сахаров | Разработано, dd1f7cbe-1ce6-48e6-b40d-074633a5bd8a |

Согласована на портале № 83784