**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 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: **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра физической электроники (ФЭ)**
Курс: **3, 4**
Семестр: **6, 7**
Учебный план набора 2021 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 |
| в т.ч. в форме практической подготовки | | 18 | 18 | часов |
| Самостоятельная работа | 50 | 54 | 104 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 72 | 216 | часов |
| | 4 | 2 | 6 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 6 |
| Курсовой проект | 7 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 56133

## 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 конструктивные особенности элементов гибридных и полупроводниковых интегральных схем, а также элементов микросистемной техники. Изучить основные этапы, а также набор конструкторской документации при проектировании гибридных и полупроводниковых интегральных схем, а также элементов микросистемной техники. Изучить материалы, применяемые при изготовлении гибридных и полупроводниковых интегральных схем, а также элементов микросистемной техники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills - SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.09.
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** | | |
| ОПК-7. Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники | ОПК-7.1. Знает программы и средства автоматизированного проектирования в области нанотехнологий и микросистемной техники | Знает основные программы автоматизированного проектирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ОПК-7.2. Умеет выбирать средства автоматизированного проектирования при решении профессиональных задач | Умеет проводить обоснованный выбор средств автоматизированного проектирования при разработке приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ОПК-7.3. Владеет навыками проектирования объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники | Владеет базовыми навыками проектирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 56133

| | | |
|---|---|---|
| ПКР-4. Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов | ПКР-4.1. Знает методы оценки эффективности технологических процессов | Знает методы оценки эффективности технологических процессов и их применимость при проектировании приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПКР-4.2. Умеет составлять бизнес-план технического проекта | Умеет проводить технико-экономическое обоснование и учитывать его при проектировании приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПКР-4.3. Владеет методами рационализации технологических процессов | Владеет методами рационализации технологических процессов и их использования при проектировании приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| ПКР-5. Готов рассчитывать и проектировать компоненты нано- и микросистемной техники | ПКР-5.1. Знает основные методики проектирования и расчета компонентов нано- и микросистемной техники | Знает основные физические и математические модели приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПКР-5.2. Умеет рассчитывать параметры компонентов нано- и микросистемной техники | Знает основные программные средства для физического и математического моделирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПКР-5.3. Владеет навыками работы в прикладных программах для расчета и проектирования компонентов нано- и микросистемной техники | Умеет представлять приборы и устройства микроэлектроники и микросистемной техники в виде физических и математических моделей |
| ПКР-7. Готов разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и других нормативных документов | ПКР-7.1. Знает нормативные документы проектно-конструкторской деятельности | Знает основные элементы проектно-конструкторской документации при проектировании приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПКР-7.2. Умеет разрабатывать основные составляющие проектно-конструкторской документации | Умеет разрабатывать основные элементы проектно-конструкторской документации при проектировании и конструировании приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПКР-7.3. Владеет навыками работы в программах по разработке проектно-конструкторской документации | Владеет навыками работы в программах по разработке проектно-конструкторской документации при проектировании и конструировании приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |

Согласована на портале № 56133

| | | |
|---|---|---|
| ПКС-2. 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 | ПКС-2.1. Знает принципы проектирования изделий микро- и наносистемной техники | Знает основные принципы проектирования и конструирования приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПКС-2.2. Умеет рассчитывать параметры и характеристики приборов и устройств микро- и наносистемной техники | Умеет рассчитывать параметры и характеристики приборов и устройств микроэлектроники и микросистемной техники |
| | ПКС-2.3. Владеет навыками работы в прикладных программах для расчета и проектирования устройств микро- и наносистемной техники | Владеет навыками работы в прикладных программах для расчета, проектирования и конструирования 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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 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 | 14 | 14 | |
| Подготовка к контрольной работе | 12 | 12 | |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 24 | 24 | |
| Написание отчета по курсовому проекту | 54 | | 54 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 | |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 216 | 144 | 72 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 6 | 4 | 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

Согласована на портале № 56133

| 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 | - | - | - | 2 | 4 | ПКС-2 |
| 2 Конструкция и расчет элементов гибридных микросхем | 4 | 8 | 4 | - | 16 | 32 | ПКР-4, ПКР-5, ПКС-2 |
| 3 Проектирование топологии гибридных микросхем | 4 | 6 | 8 | - | 18 | 36 | ОПК-7, ПКР-7, ПКР-5, ПКС-2 |
| 4 Конструкция и расчет элементов полупроводниковых микросхем | 6 | - | 4 | - | 8 | 18 | ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 |
| 5 Изоляция элементов в полупроводниковых микросхемах | 4 | - | - | - | 2 | 6 | ОПК-7, ПКР-5 |
| 6 Проектирование топологии полупроводниковых микросхем | 4 | - | - | - | 2 | 6 | ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 |
| 7 Конструкции элементов микросистем | 4 | - | - | - | 2 | 6 | ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5 |
| Итого за семестр | 28 | 14 | 16 | 0 | 50 | 108 | |
| **7 семестр** | | | | | | | |
| 8 Курсовой проект | - | - | - | 18 | 54 | 72 | ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 |
| 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 | ПКС-2 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 56133

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Конструкция и расчет элементов 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 | ПКР-4, ПКР-5, ПКС-2 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Проектирование топологии гибридных микросхем | Особенности топологии гибридных ИС и этапы ее проектирования. Паразитные связи в гибридных микросхемах. Расчет теплового режима гибридной микросхемы. Герметизация ИМС. Требования к герметизации. Типы корпусов. Разварка корпуса. Способы разварки. Герметизация корпусов, способы. Контроль герметизации корпусов. Конструкторская документация. | 4 | ОПК-7, ПКР-7 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Конструкция и расчет элементов полупроводниковых микросхем | Подложки полупроводниковых микросхем. Конструкции и расчет элементов полупроводниковых микросхем (биполярных и полевых транзисторов, диодов, резисторов, конденсаторов). Интегральная инжекционная логика И2Л. Инжекционно-полевая логика. Конструкция многоэмиттерных и многоколлекторных транзисторов. Конструкции диодов и транзисторов с барьером Шоттки. | 6 | ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Изоляция элементов в полупроводниковых микросхемах | Способы изоляции элементов полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах: изоляция обратно смещенным p-n-переходом, диэлектрическая изоляция, комбинированная изоляция. | 4 | ОПК-7, ПКР-5 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Проектирование топологии полупроводниковых микросхем | Основные правила проектирования топологии полупроводниковых микросхем на биполярных и МДП-транзисторах. Основные правила проектирования изолированных областей. | 4 | ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 56133

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 Конструкции элементов микросистем | Микроэлектромеханические системы (МЭМС). Фотонные кристаллы. Датчики. Сенсоры. Биочипы. Биореакторы. «Лаборатория на кристалле». | 4 | ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 28 | |
| **7 семестр** | | | |
| 8 Курсовой проект | Проектирование и расчет топологии полупроводниковых и гибридных микросхем. Корпусирование. Разварка выводов. Герметизация. Способы контроля герметичности корпусов. | - | ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 |
| | 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 гибридных микросхем | Расчет конструкции тонкопленочных резисторов | 4 | ПКР-5 |
| | Расчет конструкции тонкопленочных конденсаторов | 4 | ПКР-5 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Проектирование топологии гибридных микросхем | Расчет паразитных связей в гибридных микросхемах | 2 | ПКР-5 |
| | Расчет тепловых режимов элементов гибридных микросхем | 4 | ПКР-5 |
| | Итого | 6 | |
| 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 гибридных микросхем | Определение погрешности изготовления тонкопленочного резистора | 4 | ПКР-5, ПКС-2 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 56133

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Проектирование топологии гибридных микросхем | Конструкция и определение параметров тонкопленочного конденсатора | 4 | ОПК-7, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 |
| | Конструкции и определение параметров подгоняемых резисторов и конденсаторов | 4 | ОПК-7, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 |
| | Итого | 8 | |
| 4 Конструкция и расчет элементов полупроводниковых микросхем | Определение параметров диффузионных p-n переходов | 4 | ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 |
| | 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 схемы. | 2 | ОПК-7, ПКР-4 |
| Моделирование электрической схемы с помощью специализированного программного обеспечения. Определение мощностей рассеивания на всех элементах схемы | 2 | ПКС-2 |
| Разделение элементов на пленочные и навесные с учетом предварительного технико-экономического обоснования. | 2 | ПКР-4, ПКС-2 |
| Расчет и оптимизация материала пленочных резисторов. Технико-экономическое обоснование выбора материала и технологии изготовления тонкопленочных резисторов. Выбор конфигурации пленочных резисторов и расчет их топологических размеров | 2 | ПКР-4, ПКР-5, ПКС-2 |
| Расчет и оптимизация материала пленочных конденсаторов. Технико-экономическое обоснование выбора материала и технологии изготовления тонкопленочных конденсаторов. Выбор конфигурации пленочных конденсаторов и расчет их топологических размеров | 2 | ПКР-4, ПКР-5, ПКС-2 |
| Выбор навесных элементов. Технико-экономическое обоснование выбора выбора навесных элементов и способа их монтажа на плату. | 2 | ПКР-4, ПКС-2 |
| Расчет паразитных связей между элементами. Тепловой расчет. Расчет зон теплового влияния. | 2 | ПКР-5, ПКС-2 |
| Создания 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. | 2 | ОПК-7, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 |

Согласована на портале № 56133

| | | |
|---|---|---|
| Оптимизация топологического чертежа и составление полного комплекта проектно-конструкторской документации. Оформление пояснительной записки с учетом ОСТ ТУСУР. | 2 | ОПК-7, ПКР-7 |
| 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** | | | | |
| 1 Введение | Подготовка к тестированию | 2 | ПКС-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 2 Конструкция и расчет элементов гибридных микросхем | Подготовка к тестированию | 2 | ПКР-4, ПКР-5, ПКС-2 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 8 | ПКР-5 | Контрольная работа |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 6 | ПКР-5, ПКС-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 16 | | |
| 3 Проектирование топологии гибридных микросхем | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-7, ПКР-7 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 4 | ПКР-5 | Контрольная работа |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 12 | ОПК-7, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 18 | | |
| 4 Конструкция и расчет элементов полупроводниковых микросхем | Подготовка к тестированию | 2 | ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 6 | ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 8 | | |
| 5 Изоляция элементов в полупроводниковых микросхемах | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-7, ПКР-5 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |

Согласована на портале № 56133

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6 Проектирование топологии полупроводниковых микросхем | Подготовка к тестированию | 2 | ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| 7 Конструкции элементов микросистем | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| Итого за семестр | | 50 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| **7 семестр** | | | | |
| 8 Курсовой проект | Написание отчета по курсовому проекту | 54 | ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
| | Итого | 54 | | |
| Итого за семестр | | 54 | | |
| Итого | | 140 | | |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности 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. | |
| ОПК-7 | + | | + | + | + | Отчет по курсовому проекту, Курсовой проект, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПКР-4 | + | | | + | + | Отчет по курсовому проекту, Курсовой проект, Тестирование, Экзамен |
| ПКР-5 | + | + | + | + | + | Контрольная работа, Отчет по курсовому проекту, Курсовой проект, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПКР-7 | + | | + | + | + | Отчет по курсовому проекту, Курсовой проект, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПКС-2 | + | | + | + | + | Отчет по курсовому проекту, Курсовой проект, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |

## 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

Согласована на портале № 56133

| 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** | | | | |
| Контрольная работа | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Лабораторная работа | 0 | 10 | 10 | 20 |
| Тестирование | 5 | 5 | 10 | 20 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | 15 | 25 | 30 | 100 |
| Нарастающим итогом | 15 | 40 | 70 | 100 |

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) |

Согласована на портале № 56133

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Проектирование и конструирование интегральных микросхем : учебное пособие / А. А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 195 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 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. Терехов, А. И. Технологические основы изготовления интегральных микросхем : учебное пособие / А. И. Терехов, И. А. Тихомирова. — Иваново : ИГЭУ, 2018. — 116 с [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/154591.

### 7.2. Дополнительная литература

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. Конструкции и технология микросхем : Учебное пособие для вузов / Э. А. Матсон. - Минск : Вышэйшая школа, 1985. - 206 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.).
3. Введение в системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем : учебно-методическое пособие / составители А. В. Тучин [и др.]. — Воронеж : ВГУ, 2017 — Часть 1 — 2017. — 111 с [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/154768.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Проектирование и конструирование интегральных микросхем : Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / А. А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 40 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.).
2. Микроэлектроника : методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу микроэлектроника для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / А А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 71 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.).
3. Защита интегральных микросхем от электростатического разряда : учебно-методическое пособие / составители А. В. Тучин [и др.]. — Воронеж : ВГУ, 2018. — 57 с [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/171184.
4. Проектирование и конструирование полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. : Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 2002 "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" / Александр Анатольевич Жигальский ; Министерство общего и профессионального образования Российской Федерации, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 1999. - 17 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.).

#### 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;

Согласована на портале № 56133

– 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

1. 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.

## 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

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического 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, 222 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU;
- Проектор Benq;
- 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

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического 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;

Согласована на портале № 56133

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 222 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU;
- Проектор Benq;
- 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, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 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, 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) |
|---|---|---|---|

Согласована на портале № 56133

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Введение | ПКС-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 2 Конструкция и расчет элементов гибридных микросхем | ПКР-4, ПКР-5, ПКС-2 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 3 Проектирование топологии гибридных микросхем | ОПК-7, ПКР-7, ПКР-5, ПКС-2 | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 4 Конструкция и расчет элементов полупроводниковых микросхем | ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Изоляция элементов в полупроводниковых микросхемах | ОПК-7, ПКР-5 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 6 Проектирование топологии полупроводниковых микросхем | ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 7 Конструкции элементов микросистем | ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 8 Курсовой проект | ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2 | 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

Согласована на портале № 56133

| 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. |
| 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

Согласована на портале № 56133

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
   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 экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 56133

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.
11. Характеристика основных этапов проектирования топологии.
12. Основные технологические операции изготовления толстопленочных гибридных микросхем.
13. Расчет конструкции толстопленочных резисторов.
14. Основные этапы теплового расчета ГИС. Зоны теплового влияния. Расчет зон теплового влияния.
15. Герметизация ИМС. Требования к герметизации. Типы корпусов.
16. Корпуса. Разварка корпуса. Способы разварки.
17. Корпуса. Герметизация корпусов сваркой.
18. Корпуса. Герметизация корпуса пайкой.
19. Корпуса. Бескорусная герметизация. Герметизация пластмассой.
20. Корпуса. Контроль герметизации корпусов.
21. Подложки полупроводниковых ИМС. Система условных обозначений полупроводниковых пластин.
22. Диэлектрические подложки полупроводниковых ИМС. Основные требования предъявляемые к материалу подложек. Система условных обозначений. Материалы для подложек.
23. Виды элементов, реализуемых в полупроводниковой технологии и способы их создания.
24. Интегральные транзисторы n-p-n. Конструкция, с указанием глубин залегания диффузионных областей. Этапы создания диффузионных областей транзистора, требования к их концентрации и размерам областей.
25. Интегральные транзисторы p-n-p. Конструкции p-n-p транзисторов. Основные недостатки p-n-p транзисторов и способы их устранения.
26. Многоэмиттерные транзисторы n-p-n. Конструкции, назначение. Основные проблемы при конструировании и способы их устранения.
27. Многоколлекторные транзисторы n-p-n. Конструкции, назначение, Основные проблемы при конструировании и способы их устранения.
28. Интегральная инжекционная логика И2Л с горизонтальным и вертикальным инжектором. Основные достоинства. Назначение.
29. Инжекционно-полевая логика ИПЛ.
30. Интегральные диоды. Конструкции. Проблемы при создании интегральных диодов и способы их решения. Параметры диодов при различных конструкциях.
31. Диоды Шотки. Технологические трудности при создании диодов Шоттки и способы их решения. Материалы, используемые при изготовлении диодов Шоттки.
32. Транзисторы с диодами Шотки. Конструкции, назначение.
33. Интегральные резисторы. Конструкции, параметры.
34. Интегральные конденсаторы. Конструкции, параметры.
35. Методы изоляции элементов ИМС. Диодная изоляция.
36. Методы изоляции элементов ИМС. Коллекторная изолирующая диффузия.
37. Методы изоляции элементов ИМС. Базовая изолирующая диффузия.
38. Методы изоляции элементов ИМС. Метод самоизоляции n-областью.
39. Методы изоляции элементов ИМС. Изоляция тонкой пленкой диэлектрика.

Согласована на портале № 56133

40. Методы изоляции элементов ИМС. Декаль-метод.
41. Методы изоляции элементов ИМС. Метод балочных выводов.
42. Методы изоляции элементов ИМС. Метод кремний на сапфире.
43. Методы изоляции элементов ИМС. Изопланар.
44. Методы изоляции элементов ИМС. Полипланар.
45. Разработка топологии ИМС. Правила проектирования изолированных областей.
46. Разработка топологии ИМС. Правила размещения элементов ИМС на площади кристалла.
47. Интегральные микросхемы на МДП-транзисторах. Типы МДП-транзисторов. Комплементарная пара.
48. Запоминающие устройства на МДП-транзисторах.
49. Базовый матричный кристалл.

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

1. Анализ схемы. Назначение микросхемы, ее электрические параметры и условия эксплуатации. Расшифровка маркировки.
2. Методика проектирования и расчета элементов ИМС присутствующих в схеме.
3. Конструктивные и технологические ограничения при проектировании.
4. Методика теплового расчета и паразитных связей.
5. Выбор навесных компонентов.

### 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 |

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 |

Согласована на портале № 56133

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

| | Номинал, пФ | Частота, МГц | Допуск, % | Рабочее напряжение В | Диапазон температур, ºС | 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,°C |
|---|---|---|---|---|---|
| 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°C. 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,°C |
|---|---|---|---|---|---|
| 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°C. Результаты расчета привести в виде таблицы:

### 9.1.6. Темы лабораторных работ

1. Определение погрешности изготовления тонкопленочного резистора
2. Конструкция и определение параметров тонкопленочного конденсатора
3. Конструкции и определение параметров подгоняемых резисторов и конденсаторов
4. Определение параметров диффузионных p-n переходов

## 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 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

Согласована на портале № 56133

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 9.2.

Таблица 9.2 – 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;

– 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:**

Согласована на портале № 56133

– 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 № 56133

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 114 от «19» 11 2020 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ФЭ | П.Е. Троян | Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820 |
| Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ | П.Е. Троян | Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820 |
| Начальник учебного управления | Е.В. Саврук | Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. ФЭ | В.В. Каранский | Согласовано, c2e55ae8-0332-4ed9-a65a-afbb92539ee8 |
| Заведующий кафедрой, 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 № 56133