МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(СФУ)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИФиРЭ
_____Минаков А.В.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МИКРОСХЕМ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль) / специализация: **Проектирование электронных средств космических аппаратов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт инженерной физики и радиоэлектроники**
Кафедра: **приборостроения и наноэлектроники**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	36	36	часов
Самостоятельная работа	72	72	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость	180	180	часов
(включая промежуточную аттестацию)	5	5	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	5

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

Красноярск

Согласована на портале № 83711

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины "Проектирование элементов микросхем" является формирование знаний, умений и навыков, позволяющих будущим специалистам изучить основы проектирования электронной компонентной базы; основы и средства автоматизированного проектирования электронной компонентной базы гибридно-интегральных (ГИС), полупроводниковых (ИС) и сверхбольших интегральных схем (СБИС) на основе перепрограммируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

1.2. Задачи дисциплины

1. Получение знаний по проектированию интегральных микросхем (ИМС).
2. Развитие и углубление профессиональных компетенций на теоретическом и прикладном уровнях.
3. Формирование и закрепление навыков проектирования элементов интегральных микросхем с использованием методов и средств специализированных программных средств.

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.01.04.

Реализуется с частичным 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		

Согласована на портале № 83711

ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-3.1. Знает основные методики расчета электрических схем, режимов работы электронных устройств и расчета их характеристик с применением специализированных САПР	Знает основные методики расчета и выбора конструкции элементов микросхем, режимы работы, расчеты их параметров и характеристик с применением САПР
	ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных устройств	Умеет проводить оценочные расчеты параметров и характеристик элементов микросхем
	ПК-3.3. Владеет навыками анализа характеристик схем электрических принципиальных, узлов и блоков электронных устройств	Владеет навыками анализа характеристик микросхем различного назначения
ПК-4. Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	ПК-4.1. Знает принципы построения технического задания при разработке электронных блоков	Знает принципы построения технического задания при разработке различного типа микросхем (ГИС, СБИС, ПЛИС)
	ПК-4.2. Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации	Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно- конструкторской документации для изготовления микросхем различного типа
	ПК-4.3. Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами	Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартам ЕСКД и ЕСТД

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 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
		5 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	72	72
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	36	36
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	72	72
Подготовка к тестированию	27	27

Согласована на портале № 83711

Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	8	8
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	8
Написание отчета по лабораторной работе	8	8
Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	6	6
Написание отчета по индивидуальному заданию	6	6
Выполнение индивидуального задания	9	9
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	180	180
Общая трудоемкость (в з.е.)	5	5

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.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 Общие вопросы проектирования и технологии микроэлектронных устройств (МЭУ)	2	-	5	9	16	ПК-3, ПК-4
2 Маршруты и этапы проектирования компонентной базы (МЭУ)	2	-	-	3	5	ПК-3, ПК-4
3 Изготовление тонкопленочных ГИС. Компонентная база ГИС	2	6	-	10	18	ПК-3, ПК-4
4 Конструирование и расчет элементов ГИС	2	6	-	10	18	ПК-3, ПК-4
5 Разработка топологии и конструкторской документации интегральных микросхем	2	6	-	10	18	ПК-3, ПК-4
6 Принципы проектирования полупроводниковых интегральных схем (ИС)	2	-	9	9	20	ПК-3, ПК-4
7 Конструктивные параметры и расчет электрических характеристик активных и пассивных компонентов ИС	2	-	18	9	29	ПК-3, ПК-4
8 Средства автоматизированного проектирования ИС	2	-	4	9	15	ПК-3, ПК-4
9 Проектирование устройств на ПЛИС в программах САПР	2	-	-	3	5	ПК-3, ПК-4
Итого за семестр	18	18	36	72	144	
Итого	18	18	36	72	144	

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)

Согласована на портале № 83711

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1 Общие вопросы проектирования и технологии микроэлектронных устройств (МЭУ)	Цели, задачи и структура дисциплины. Связь с другими дисциплинами. Основные определения. Общие вопросы конструирования и технологии микроэлектронных устройств. Основные этапы производства интегральных схем. Общая характеристика процесса проектирования ИС. Технологическая реализация ИС. Конструктивные и технологические методы обеспечения требований к ИС. Обеспечение тепловых режимов работы ИС. Виды и способы проектирования электронной компонентной базы.	2	ПК-3, ПК-4
	Итого	2	
2 Маршруты и этапы проектирования компонентной базы (МЭУ)	Маршруты и этапы проектирования. Методы и этапы проектирования.	2	ПК-3, ПК-4
	Итого	2	
3 Изготовление тонкопленочных ГИС. Компонентная база ГИС	Основные назначение и характеристики подложек. Материалы для подложек ГИС. Компонентная база интегральных схем.	2	ПК-3, ПК-4
	Итого	2	
4 Конструирование и расчет элементов ГИС	Конструирование, расчет пленочных резисторов, конденсаторов, индуктивностей, проводников и контактных площадок.	2	ПК-3, ПК-4
	Итого	2	
5 Разработка топологии и конструкторской документации интегральных микросхем	Этапы разработки топологии ГИС. Основные принципы проектирования топологической структуры ГИС. Основные этапы разработки конструкторской документации: топологический и сборочный чертеж ИС. Требования к топологическому чертежу. Герметизация ИС. Сборочный чертеж. Цель разработки топологии, исходные данные, основные этапы полупроводниковой ИС. Размещение элементов. Основные рекомендации по размещению элементов. Оптимизация топологии ИС. Действующие нормативные документы.	2	ПК-3, ПК-4
	Итого	2	

Согласована на портале № 83711

6 Принципы проектирования полупроводниковых интегральных схем (ИС)	Исходные данные для проектирования полупроводниковых ИС. Необходимость коррекции принципиальной электрической схемы в связи с реализуемостью элементов. Требуемые в качестве исходных параметры ИС. Общая структура проектирования ИС. Электрофизические характеристики диффузионных структур. Распределение концентраций носителей в вертикальной структуре n-p-n транзистора в связи с технологическими характеристиками. Контактная разность потенциалов. Металлургическая толщина, базы и толщина собственно базы. Напряжение пробоя. Начальный ток, его диффузия, рекомбинационная и генерационная компоненты. Времена жизни неосновных носителей. Удельное сопротивление слоя. Удельное поверхностное и среднее удельное объемное сопротивление.	2	ПК-3, ПК-4
	Итого	2	

Согласована на портале № 83711

7 Конструктивные параметры и расчет электрических характеристик активных и пассивных компонентов ИС	7 Конструктивные параметры и расчет электрических характеристик активных и пассивных компонентов ИС Транзисторы n-p-n структуры как основной элемент кремниевых ИС. Классификация n -p- n транзисторов по мощности; типовые топологии. Экономические и технические соображения при выборе способа изоляции и базового процесса. Структуры и параметры подложек, обусловленные способом реализации. Эпитаксиальные структуры в качестве подложек. Выбор параметров легирования диффузионных слоев ИС. Разработка топологии n-p- n транзисторов. Определение параметров диффузионных процессов. Методы диффузии для различных диффузионных слоев. Выбор видов диффузантов. Проверочный расчет параметров транзисторов. Паразитные емкости и частотные характеристики. Последовательность проектирования n -p- n транзисторов ИС. Использование для прочих элементов (диодов, резисторов, конденсаторов) ИС вертикальной структуры и режимов, принятых при проектировании n -p- n транзисторов. Транзисторы p- n-p структуры. Вертикальный и горизонтальный p- n-p транзисторы. Вертикальные структуры и топологии. Электрические свойства. Проверочный расчет параметров. Интегральные диоды. Варианты конструктивной реализации. Диодные включения n-p-n транзисторной структуры. Выбор варианта исполнения. Особенности расчета размеров топологии. Проверочный расчет электрических характеристик. Резисторы. Диффузионные базовый и эмиттерный резисторы, эпитаксиальные резисторы. Особенности электрических свойств интегральных резисторов. Конструкции резисторов в плане (варианты топологии). Конденсаторы. Варианты исполнения диффузионных конденсаторов. Проводящие элементы. Контактные площадки ИС.	2	ПК-3, ПК-4
	Итого	2	

Согласована на портале № 83711

8 Средства автоматизированного проектирования ИС	8 Средства автоматизированного проектирования ИС Средства автоматизированного проектирования. Создание символьного представления. Сравнение программ схемотехнического моделирования. Описание технологического маршрута проектирования. Технологический файл с описанием топологических норм и ограничений проектирования. Основы топологического описания проекта. Проверка топологии на соответствие технологическим и электрическим правилам проекта.	2	ПК-3, ПК-4
	Итого	2	
9 Проектирование устройств на ПЛИС в программах САПР	Проектирование СБИС. Модели в проектировании систем на СБИС. Назначение языка VHDL. Создание проекта разработки FPGA. Создание схемы принципиальной электрической в проекте. Выбор кристалла исходя из технических характеристик.	2	ПК-3, ПК-4
	Итого	2	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

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
5 семестр			
3 Изготовление тонкопленочных ГИС. Компонентная база ГИС	Разработка и оформление РГР по ГИС. Анализ технического задания.	6	ПК-3, ПК-4
	Итого	6	
4 Конструирование и расчет элементов ГИС	Разработка и оформление РГР по ГИС. Расчет и проектирование компонентов схемы.	6	ПК-3, ПК-4
	Итого	6	
5 Разработка топологии и конструкторской документации интегральных микросхем	Разработка и оформление РГР по ГИС. Разработка топологии ГИС.	6	ПК-3, ПК-4
	Итого	6	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Согласована на портале № 83711

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1 Общие вопросы проектирования и технологии микроэлектронных устройств (МЭУ)	Использование языка VHDL для моделирования цифровых устройств на регистрационном уровне	5	ПК-3, ПК-4
	Итого	5	
6 Принципы проектирования полупроводниковых интегральных схем (ИС)	Моделирование элементов полупроводниковых микросхем с применением специализированных TCAD. Моделирование МОП транзистора с индуцированным каналом	9	ПК-3, ПК-4
	Итого	9	
7 Конструктивные параметры и расчет электрических характеристик активных и пассивных компонентов ИС	Моделирование элементов полупроводниковых микросхем с применением специализированных TCAD. Моделирование МОП транзистора со встроенным каналом	9	ПК-3, ПК-4
	Моделирование элементов полупроводниковых микросхем с применением специализированных TCAD. Моделирование МОП транзистора с плавающим затвором	9	ПК-3, ПК-4
	Итого	18	
8 Средства автоматизированного проектирования ИС	Использование языка VHDL для моделирования цифровых устройств на регистрационном уровне	4	ПК-3, ПК-4
	Итого	4	
	Итого за семестр	36	
	Итого	36	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

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
5 семестр				

Согласована на портале № 83711

1 Общие вопросы проектирования и технологии микроэлектронных устройств (МЭУ)	Подготовка к тестированию	3	ПК-3, ПК-4	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-3, ПК-4	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-3, ПК-4	Отчет по лабораторной работе
	Итого	9		
2 Маршруты и этапы проектирования компонентной базы (МЭУ)	Подготовка к тестированию	3	ПК-3, ПК-4	Тестирование
	Итого	3		
3 Изготовление тонкопленочных ГИС. Компонентная база ГИС	Подготовка к тестированию	3	ПК-3, ПК-4	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Написание отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-3, ПК-4	Отчет по индивидуальному заданию
	Выполнение индивидуального задания	3	ПК-3, ПК-4	Индивидуальное задание
	Итого	10		
4 Конструирование и расчет элементов ГИС	Подготовка к тестированию	3	ПК-3, ПК-4	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Написание отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-3, ПК-4	Отчет по индивидуальному заданию
	Выполнение индивидуального задания	3	ПК-3, ПК-4	Индивидуальное задание
	Итого	10		

Согласована на портале № 83711

5 Разработка топологии и конструкторской документации интегральных микросхем	Подготовка к тестированию	3	ПК-3, ПК-4	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Написание отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-3, ПК-4	Отчет по индивидуальному заданию
	Выполнение индивидуального задания	3	ПК-3, ПК-4	Индивидуальное задание
	Итого	10		
6 Принципы проектирования полупроводниковых интегральных схем (ИС)	Подготовка к тестированию	3	ПК-3, ПК-4	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-3, ПК-4	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-3, ПК-4	Отчет по лабораторной работе
	Итого	9		
7 Конструктивные параметры и расчет электрических характеристик активных и пассивных компонентов ИС	Подготовка к тестированию	3	ПК-3, ПК-4	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-3, ПК-4	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-3, ПК-4	Отчет по лабораторной работе
	Итого	9		

Согласована на портале № 83711

8 Средства автоматизированного проектирования ИС	Подготовка к тестированию	3	ПК-3, ПК-4	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-3, ПК-4	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-3, ПК-4	Отчет по лабораторной работе
	Итого	9		
9 Проектирование устройств на ПЛИС в программах САПР	Подготовка к тестированию	3	ПК-3, ПК-4	Тестирование
	Итого	3		
Итого за семестр		72		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		108		

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.	Сам. раб.	
ПК-3	+	+	+	+	Защита отчета по индивидуальному заданию, Защита отчета по лабораторной работе, Индивидуальное задание, Лабораторная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен
ПК-4	+	+	+	+	Защита отчета по индивидуальному заданию, Защита отчета по лабораторной работе, Индивидуальное задание, Лабораторная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, 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

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

Согласована на портале № 83711

5 семестр				
Защита отчета по лабораторной работе	0	5	5	10
Защита отчета по индивидуальному заданию	0	5	5	10
Индивидуальное задание	5	5	10	20
Отчет по индивидуальному заданию	2	2	3	7
Лабораторная работа	0	5	5	10
Тестирование	3	3	3	9
Отчет по лабораторной работе	0	2	2	4
Экзамен				30
Итого максимум за период	10	27	33	100
Нарастающим итогом	10	37	70	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. Фенькова Н. Б., Патрушева Т. Н., Семенова О. В. Технология микросхем и микропроцессоров. Конструирование и технология интегральных микросхем: учеб. пособие. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 298 с. (наличие в библиотеке СФУ - 53 экз.)

7.2. Дополнительная литература

Согласована на портале № 83711

1. Трегубов С.И., Сарафанов А.В., Левицкий А.А. Информационные технологии проектирования электронных средств: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы. – Красноярск: СФУ, 2012. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-622966.pdf .

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Семенова О.В., Фенькова Н.Б. Проектирование элементов микросхем: лаб. практикум. – Красноярск: СФУ, 2012 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-563835.pdf.
2. Семенова О.В. Проектирование микросхем и микропроцессоров: лаб. практикум. – Красноярск: СФУ, 2012 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-503161.pdf.
3. Юзова В.А., Семенова О.В., Харлашин П.А. Материалы и компоненты электронных средств: лабораторный практикум. - Красноярск: СФУ, 2012. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-496218.pdf .

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 и СФУ открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh, https://bik.sfu-kras.ru/elib/databases .

2. Библиотечная поисково-информационная система E-Library http://elibrary.ru
3. Научная библиотека СФУ https://bik.sfu-kras.ru/
4. ФГУП «НИИ электронных материалов» http://www.nii-em.ru/home
5. Сертификационные центры и испытательные лаборатории при АНО «МЦК» http://www.stroyinf.ru/
6. Сайт международной организации по стандартизации http://www.iso.ch
7. Поисково-информационная система Яндекс http://www.yandex.ru/

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: 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

Согласована на портале № 83711

проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы, методический кабинет для самостоятельной работы со стандартами и другой нормативно-технической документацией, специализированные компьютерные лаборатории, библиотека университета, беспроводной интернет на территории университета, предоставляющий доступ к электронным словарям и справочникам из учебной аудитории.

Описание имеющегося оборудования:

- Интерактивная панель;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.
- CD-проектор для показа презентаций и видеофильмов
- Программное обеспечение:
- КОМПАС-3D V9. Инженерное программное обеспечение для проектирования компании Аскон.
- SolidWorks Professional 2012. Профессиональное решение для 3D проектирования, анализа и визуализации изделий в машиностроении и производстве.
- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows 10;
- Mathcad 14;
- WinDjView;
- Altium Disigner 10
- Or CAD 16
- Matlab 2008
- Micro Cap 12
- Multisim 10.1

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория: 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, помещение для самостоятельной работы, методический кабинет для самостоятельной работы со стандартами и другой нормативно-технической документацией, специализированные компьютерные лаборатории, библиотека университета, беспроводной интернет на территории университета, предоставляющий доступ к электронным словарям и справочникам из учебной аудитории.

Описание имеющегося оборудования:

- Интерактивная панель;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.
- Рабочее место преподавателя.
- CD-проектор для показа презентаций и видеофильмов
- Программное обеспечение:
- КОМПАС-3D V9. Инженерное программное обеспечение для проектирования компании Аскон.
- SolidWorks Professional 2012. Профессиональное решение для 3D проектирования, анализа и визуализации изделий в машиностроении и производстве.
- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;

Согласована на портале № 83711

- LibreOffice;
- Microsoft Windows 10;
- Mathcad 14;
- WinDjView;
- Altium Disigner 10
- Or CAD 16
- Matlab 2008
- Micro Cap 12
- Multisim 10.1
- TCAD Silvaco 2018(учебная версия)

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы). Методический кабинет для самостоятельной работы со стандартами и другой нормативно-технической документацией.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду СФУ.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. 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 № 83711

1 Общие вопросы проектирования и технологии микроэлектронных устройств (МЭУ)	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
2 Маршруты и этапы проектирования компонентной базы (МЭУ)	ПК-3, ПК-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Изготовление тонкопленочных ГИС. Компонентная база ГИС	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по индивидуальному заданию	Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Отчет по индивидуальному заданию	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Конструирование и расчет элементов ГИС	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по индивидуальному заданию	Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Отчет по индивидуальному заданию	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Разработка топологии и конструкторской документации интегральных микросхем	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по индивидуальному заданию	Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Отчет по индивидуальному заданию	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

Согласована на портале № 83711

		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Принципы проектирования полупроводниковых интегральных схем (ИС)	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
7 Конструктивные параметры и расчет электрических характеристик активных и пассивных компонентов ИС	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
8 Средства автоматизированного проектирования ИС	ПК-3, ПК-4	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
9 Проектирование устройств на ПЛИС в программах САПР	ПК-3, ПК-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

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

Согласована на портале № 83711

		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 или 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

1. По конструктивно-технологическому исполнению микросхемы делятся на:

а) полупроводниковые, пленочные и гибридно-интегральные микросхемы;

б) многослойные и однослойные микросхемы;

в) односторонние и двухсторонние микросхемы;

Согласована на портале № 83711

2. Полупроводниковые ИМС формируются на кремниевой подложке по планарной технологии (изготовление элементов ИМС в одной плоскости) и имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с устройствами, в которых используются дискретные элементы. Перечислим наиболее очевидные из них:

а) их высокие экономические показатели объясняются малым числом входящих в них элементов;

б) могут одновременно усиливать сигнал, как по напряжению, так и по мощности;

в) хорошие эксплуатационные характеристики и низкая стоимость позволяют использовать весьма сложные ИМС, что повышает качество работы устройств, в которых они используются;

г) их рабочие параметры можно подгонять, используя лазерный луч, струю абразива и т. д.

3. Однокристальная микросхема может иметь индивидуальный герметизированный корпус с внешними выводами для монтажа на коммутационной (печатной) плате, или быть бескорпусной и входить в состав микросборки:

а) Верно;

б) Неверно;

4. Главным отличительным свойством ПЛИС является возможность их настройки на выполнение заданных функций самим пользователем, таким образом реализовывать даже достаточно сложные проекты в сжатые сроки в виде конкурентоспособных устройств и систем:

а) Верно;

б) Неверно;

5. Сборочный чертеж выполняется в масштабе не менее чем 100:1. При этом на изображении кристалла приводятся только контактные площадки для внешних подключений, может быть условно показана их нумерация:

а) Верно;

б) Неверно;

6. Наиболее подходящим материалом для обкладок тонкопленочного конденсатора является

а) медь;

б) никель;

в) золото;

г) алюминий;

д) серебро;

7. Диэлектрик, применяемый в тонкопленочных конденсаторах, должен обладать достаточно низкой диэлектрической проницаемостью;

а) Верно;

б) Неверно;

8. Основным завершающим этапом процесса конструирования гибридных ИМС является (выберите один ответ):

а) разработка технологии изготовления ГИС;

б) разработка топологического чертежа защитного слоя ИМС;

в) разработка слоя тонкопленочных проводников;

г) разработка топологического чертежа микросхемы и ее оптимизация;

д) разработка сборочного чертежа;

9. При одновременном изготовлении высокоомных и низкоомных (менее 100 Ом) резисторов допуск на низкоомные резисторы рекомендуется уменьшать:

а) Верно;

б) Неверно.

10. Логическое описание на вентильном уровне, формируемое этапом логического синтеза, представляется уже не на языке VHDL, а в другой форме, называемой списком связей:

а) Верно;

б) Неверно.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Электроника и тенденции ее развития. Особенности производства электронных приборов и устройств.
2. Микроэлектроника. Этапы ее развития. Основные технологии изготовления микроэлектронных устройств. Классификация микросхем.

Согласована на портале № 83711

3. Классификация ИМС.
4. Полупроводниковые ИМС, их особенности, преимущества и недостатки.
5. Гибридно-интегральные схемы. Технология изготовления. Возможности ГИС и недостатки.
6. Толстопленочные ИМС. Толстопленочная технология. Особенности толстопленочных ИМС. Возможности и существующие проблемы данной технологии.
7. Материалы подложки для ГИС. Требования к материалам подложки.
8. Резистивные материалы. Зависимость сопротивления тонких резистивных пленок от температуры.
9. Тонкопленочные резисторы (ТПР). Конфигурация и расчет ТПР.
10. Диэлектрические пленки. Группы диэлектрических материалов.
11. Проводящие пленки. тонкопленочные индуктивности.
12. Вакуумные технологии получения тонких пленок. Условия получения тонких пленок. Общие требования к методам получения ТП. Основные методы тонкопленочной технологии. Основные этапы ТП технологии.
13. Термическое вакуумное напыление. Система ВТИ. Технология.
14. Структура и свойства пленок при ВТИ.
15. Тонкопленочные конденсаторы (ТПК). Требования к материалам обкладок и диэлектрических конденсаторов. Расчет и конфигурация ТПК.
16. Конструирование и расчет тонкопленочных индуктивностей.
17. Вакуумная система. Пластинчато-роторный (механический) насос, принцип действия насоса.
18. Пароструйный – диффузионный насос, принцип его действия.
19. Контроль параметров вакуума. Типы вакуумметров и принцип их действия.
20. Типы испарителей. Конструкции и принцип действия.
21. Измерение состава откачиваемого газа.
22. Измерение параметров конденсируемых слоев.
23. Рабочие режимы испарения. Термодинамический расчет температуры испарения.
24. Испарение сплавов. Методы испарения сплавов.
25. Процесс конденсации при напылении пленок.
26. Навесные элементы и их параметры.
27. Ионно-плазменный метод. Механизм аккумуляции импульсов.
28. Зависимость коэффициента распыления от размеров и энергии ионов.
29. Методы получения тонких пленок.
30. Метод катодного распыления.
31. Высокочастотный метод получения тонких пленок.
32. Формирование ионных потоков.
33. Движение зарядов в тлеющем разряде.
34. Магнетронное распыление.
35. Диодная система. Триодная система.
36. Характеристики ионно-плазменных методов.
37. Масочный метод.
38. Формирование резистивного и проводящего слоев.
39. Литографические процессы. Фотолитография.
40. Основные операции ФЛГ.
41. Фоторезисты. Методы нанесения фоторезиста.
42. Подготовка поверхности подложки перед процессом нанесения тонких пленок.
43. Способы сушки поверхности подложек и фоторезистов.
44. Контактная и бесконтактная ФЛГ (ФЛГ на микрозазоре, проекционная ФЛГ).
45. Операции совмещения, экспонирования и проявления в процессах ФЛГ.
46. Оценка качества проведения фотолитографических операций.
47. Комбинированный метод.
48. Электронно-лучевая технология.
49. Танталовая технология.
50. Стабилизация и подгонка тонкопленочных элементов. Методы подгонки.
51. Сборка и защита ИМС.
52. Методы разделения пластин на кристаллы.
53. Метод микроконтактирования. Проволочный и беспроволочный монтаж.
54. Методы защиты ИМС. Способы герметизации ИМС. Типы корпусов ИМС.

Согласована на портале № 83711

55. Применение и разновидности клеев в производстве ИМС.
56. Методы пайки и разновидности припоев. Требования к флюсам.
57. Химические и электрохимические методы получения тонких пленок.
58. Классификация и система обозначения ИМС.
59. Диффузия и ее движущие силы. Решение дифференциального уравнения Фика.
60. Диффузия примесей из ограниченного источника.
61. Диффузия примесей из неограниченного источника.
62. Коэффициент диффузии. Его энергетические характеристики.
63. Окисление кремния при изготовлении твердотельных ИМС.
64. Пиролитическое осаждение материалов для получения защитных пленок.
65. Эпитаксиальное наращивание. Требования к процессу и механизмы роста.
66. Особенности гидридной и хлоридной технологии кремния.
67. Химическое травление. Кинетика процесса.

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Микроэлектроника и производство интегральных микросхем (ИМС).
2. В чём заключается сущность микроэлектроники?
3. Какими исходными предпосылками руководствуются при выборе типа ИМС?
4. Из чего состоит компонентная база ИМС?
5. Какие функции выполняет подложка ИМС?
6. Каковы разновидности технологических методов изготовления интегральных микросхем, чем определяются их основные достоинства и недостатки?
7. Разновидности пассивных элементов ИМС?
8. Назовите основные этапы производства ИМС?
9. Какие критерии оптимальности используются при проектирование ИМС с помощью ЭВМ?
10. Особенности пленочных проводников и каким противоречивым требованиям приходится удовлетворять при конструировании контактных переходов?
11. Какие виды связей и взаимосвязей существуют в ИМС?
12. Как производится оценка паразитных ёмкостных связей ИМС?
13. Какие исходные данные необходимы для оценки теплового режима ИМС?
14. Какие рекомендации необходимо учитывать для обеспечения теплового режима ИМС?
15. Рассчитайте значение паразитной ёмкостной связи между двумя параллельными проводниками, если известно, что l = 2 мм, l1 = 0,3 мм, l2 = 0,25 мм, d1 = 0,4 мм, а материалом подложки является ситалл марки СТ-50.
16. Если рассматривать ИМС как отдельное изделие, то его надежность определяется теми же факторами, что и надежность дискретного планарного транзистора. Тем не менее, почему надежность ИМС выше надежности систем, образованных соединением активных и пассивных дискретных элементов?
17. Объясните, по возможности подробно, в чем состоит сущность планарной технологии, применяемой для производства, как дискретных приборов, так и ИМС. Почему эту технологию называют планарной?
18. Принципы конструирования ИС.
19. Объясните, по возможности подробно, в чем состоит сущность планарной технологии, применяемой для производства, как дискретных приборов, так и ИМС. Почему эту технологию называют планарной?
20. Принципы конструирования ИС.
21. Исходные данные для проектирования ИС. Необходимость коррекции принципиальной электрической схемы в связи с реализуемостью элементов. Необходимость создания прочих элементов ИС на основе вертикальной структуры активных элементов.
22. Общая структура проектирования ИС. Итерационный процесс обеспечения вертикальной структуры, включающий экспериментальный этап. Пути снижения трудоемкости проектирования ИС.
23. Технологическая реализация биполярных транзисторов ИС.
24. Основные принципы формирования вертикальной структуры ИС. "Замораживание" диффузионного профиля. Необходимое количество операций диффузии и маскирования.
25. Законы Фика, граничные и начальные условия. Коэффициент диффузии и его температурная зависимость при вакансионном механизме диффузии. Диффузия из

Согласована на портале № 83711

неограниченного источника, и двухстадийная; профили легирования. Характеристическая длина диффузии. Боковая диффузия под маску. Характеристики диффузантов в кремнии.

26. Эпитаксиальное наращивание. Автолегирование слоев при эпитаксии. Возможности процесса и ограничения применения при изготовлении ИС.
27. Изоляция элементов ИС обратносмещенным p-n переходом. Вертикальная структура биполярных транзисторов, эквивалентная схема, последовательность технологического процесса. Недостатки планарных транзисторов.
28. Эпитаксиально-планарный процесс, метод коллекторной изолирующей диффузии. Изоляция диэлектрическими пленками.
29. ЭПИК-процесс: Вертикальная структура транзисторов, последовательность операций, характеристики.
30. Комбинированная изоляция элементов (метод изопланар). Сравнение способов изоляции элементов.
31. Электрофизические характеристики диффузионных структур.
32. Распределение концентраций носителей в вертикальной структуре n-p-n транзистора в связи с технологическими характеристиками.
33. Параметры обедненного слоя перехода. Контактная разность потенциалов. Ширина области пространственного заряда (ОПЗ) для плавных и резких p- n переходов. Металлургическая толщина, базы и толщина собственно базы. Емкость p- n перехода.
34. Параметры вольт-амперной характеристики (ВАХ) p- n перехода. Напряжение пробоя. Уравнение ВАХ. Начальный ток, его диффузия, рекомбинационная и генерационная компоненты. Времена жизни неосновных носителей.
35. Удельное сопротивление слоя. Удельное поверхностное и среднее удельное и объемное сопротивление. Их вычисление для неоднородно легированных по толщине слоев.
36. Конструкции и параметры биполярных транзисторов ИС.
37. Транзисторы n-p-n структуры как основной элемент кремниевых ИС. Классификация n - p- n транзисторов по мощности; типовые топологии.
38. Экономические и технические соображения при выборе способа изоляции и базового процесса. Структуры и параметры подложек, обусловленные способом реализации. Эпитаксиальные структуры в качестве подложек. Схема обозначений подложек и эпитаксиальных структур.
39. Выбор параметров легирования диффузионных слоев ИС. Типичные значения для интегрального n-p-n транзистора.
40. Разработка топологии n-p-n транзисторов. Минимизация размеров в топологии и конструктивно-технологические ограничения (КТО). Разрешающая способность метода реализации. Ограничения, связанные с боковой диффузией. Расчет геометрии эмиттерной области из токовой нагрузки. Коэффициенты инжекции и переноса. Уровень инжекции. Оптимизация геометрии эмиттерной области.
41. Определение параметров диффузионных процессов. Методы диффузии для различных диффузионных слоев. Выбор видов диффузантов. Расчет режимов диффузии (продолжительность, температура). Снижение перераспределения концентрационного профиля при последующих диффузиях.
42. Проверочный расчет режимов диффузии. Учет операций окисления. Выводы по проверочному расчету.
43. Проверочный расчет параметров транзисторов. Коэффициент передачи тока. Напряжение пробоя. Паразитные сопротивления. Паразитные емкости и частотные характеристики.
44. Последовательность проектирования n -p- n транзисторов ИС.
45. Использование для прочих элементов вертикальной структуры и режимов, принятых при проектировании n -p- n транзисторов.
46. Транзисторы p- n -p структуры. Вертикальный и горизонтальный p- n -p транзисторы. Вертикальные структуры и топологии. Эквивалентные схемы. Электрические свойства. Проверочный расчет параметров.
47. Интегральные диоды. Варианты конструктивной реализации. Диодные включения n-p-n транзисторной структуры. Выбор варианта исполнения. Особенности расчета размеров топологии. Проверочный расчет электрических характеристик.
48. Резисторы. Диффузионные базовый и эмиттерный резисторы, эпитаксиальные резисторы. Пинч-резисторы. Эквивалентные схемы. Особенности электрических свойств интегральных резисторов. Конструкции резисторов в плане (варианты топологии). Расчет

Согласована на портале № 83711

ширины и длины резистора, контактных площадок.

49. Конденсаторы. Варианты исполнения диффузионных конденсаторов. Учет емкости боковой и донной части конденсатора. Конденсаторы на основе структуры "металл-диэлектрик- полупроводник". Проверочный расчет емкости конденсатора.
50. Цель разработки топологии, исходные данные, основные этапы. Преобразование электрической схемы ИС с целью минимизации числа пересечений. Формирование групп элементов в общие изолирующие карманы.
51. Размещение элементов. Ограничения, связанные с принятой технологией и общие. Учет боковой диффузии. Основные рекомендации по размещению элементов. Тестовые элементы и фигуры совмещения.
52. Проводящие элементы. Конструктивное исполнение пересечений. Контактные площадки ИС.
53. Разработка топологии ИС.
54. Трассировка соединений, общие требования и рекомендации.
55. Оптимизация топологии ИС.
56. Разработка и оформление конструкторской документации на ИС.
57. Микроэлектроника и производство интегральных микросхем (ИМС).

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Использование языка VHDL для моделирования цифровых устройств на регистрационном уровне
2. Моделирование элементов полупроводниковых микросхем с применением специализированных TCAD. Моделирование МОП транзистора с индуцированным каналом
3. Моделирование элементов полупроводниковых микросхем с применением специализированных TCAD. Моделирование МОП транзистора со встроенным каналом
4. Моделирование элементов полупроводниковых микросхем с применением специализированных TCAD. Моделирование МОП транзистора с плавающим затвором
5. Использование языка VHDL для моделирования цифровых устройств на регистрационном уровне

9.1.5. Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий

1. Разработка технологии электронного охранного устройства;
2. Разработка технологии электронного таймера времени;
3. Разработка технологии электронного музыкального звонка;
4. Разработка конструкции и технологии изготовления инфракрасного датчика препятствий.
5. Разработка конструкции и технологии изготовления игрушки с лазерным управлением.

9.1.6. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Как проводится расчет и выбор конструкции тонкопленочных резисторов?
2. Как проводится расчет и выбор конструкции тонкопленочных конденсаторов?
3. Как проводится выбор аналогов бескорпусых эементов для ГИС?
4. Особенности гибридно-интегральной микросхемы?
5. Что такое коэффициент формы и как он находится?
6. Разработка топологии микросхемы, основные требования ?
7. Что собой представляет топологический чертеж?
8. Структура тонкопленочных проводников?
9. Диэлектрические материалы для тонкопленочных конденсаторов? Основные требования и характеристики?
10. Основные группы резистивных материалов?
11. Этапы проектирования ГИС?
12. Как проводится выбор типоразмера подложки и корпуса микросхемы?

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 № 83711

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.

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;

– 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

Согласована на портале № 83711

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 № 83711

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры приборостроения и наноэлектроники
протокол № 5 от «21» 1 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий обеспечивающей каф. ПиН СФУ	А.А. Левицкий	
Заведующий выпускающей каф. КУДР ТУСУР	С.А. Артищев	
Начальник учебного управления ТУСУР	И.А. Лариошина	

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. КУДР ТУСУР	С.А. Артищев	
Доцент, каф. КУДР ТУСУР	Е.И. Тренкаль	

РАЗРАБОТАНО:

Доцент каф. ПиН СФУ	О.В. Семенова	

Согласована на портале № 83711