



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ**

Кафедра *«Инженерная физика»*

**Образовательная программа
11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Профиль подготовки
«Микроэлектроника и твердотельная электроника»

Уровень высшего образования
бакалавриат

Форма обучения очная

Статус дисциплины: базовая

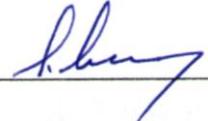
Махачкала
2021

Рабочая программа дисциплины составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника, профиль подготовки - Микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: бакалавриата) – Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 №218.

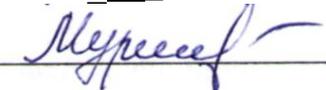
Разработчик: кафедра инженерной физики, к.ф.м.н., доц. Кардашова Г.Д.

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры Инженерная физика от « 29 » 06 2021 г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 30 » 06. 2021 г., протокол № 10.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением « 9 » 07 2021 г.  _____
(подпись)

Оглавление

Аннотация рабочей программы дисциплины.....	4
1. Цель освоения дисциплины	5
2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата	6
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)	7
4. Объем, структура и содержание дисциплины	9
4.1. Объем дисциплины	9
4.2. Структура дисциплины.....	9
4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).....	10
4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.	10
4.3.2. Темы практических и семинарских занятий.....	13
5. Образовательные технологии	14
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.	15
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	16
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	16
7.2. Типовые контрольные задания	18
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.	24
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	25
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	25
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.....	27
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	27

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Основы проектирования электронной компонентной базы» входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой Инженерная физика.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современным состоянием и перспективами развития интегральной техники и технологий, с расчетом, топологией и проектированием ИМС и ГИС.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных - ОПК-4, профессиональных - ПК-5.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме индивидуальное собеседование, письменные контрольные задания, коллоквиума, тестирование и пр. и контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
Лекции и	Лаборато рные занятия		Практиче ские занятия	КСР	консульта ции				
8	144	71	35	-	36			73	экзамен

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Основы проектирования электронной компонентной базы» - освоение фундаментальных основ автоматизированного проектирования электронной компонентной базы, современных методов и маршрутов проектирования, средств и способов автоматизации процесса проектирования.

Дисциплина нацелена на подготовку студента к решению следующих профессиональных задач:

- проведение предварительного технико-экономического обоснования проектов;
- сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения;
- расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствие с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;
- разработка проектной и технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ.

Задачами дисциплины является обеспечение студента минимумом фундаментальных инженерно-геометрических знаний, изучение основ конструирования и расчета параметров элементов ИМС; разработки топологии ИМС и ГИС, расчета конструкций элементов тонкопленочных и толстопленочных ГИС; автоматизации проектирования ИМС.

Основные разделы программы курса: проектирование полупроводниковых интегральных микросхем (ИМС, ИС), проектирование гибридных интегральных схем (ГИС), специальные вопросы конструирования ИМС, системы автоматического проектирования электронной компонентной базы.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Основы проектирования электронной компонентной базы» входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

Для освоения дисциплины «Основы проектирования электронной компонентной базы» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися параллельно с освоением ряда дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Физические основы электроники.
- Теоретические основы электротехники.
- Электроника и схемотехника.
- Компьютерные технологии в науке и образовании.

По разделам «Физические основы электроники» и «Электроника и схемотехника» студент должен иметь основополагающие представления о реальных физических процессах и явлениях происходящих в проводниках, полупроводниках и диэлектриках; проектирования дискретной электронной компонентной базы; иметь знания по основам схемотехники.

По разделу «Теоретические основы электротехники» студент должен уметь решать задачи по расчету электрических цепей; владеть фундаментальными понятиями и законами теории электромагнитного поля.

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Контактные явления в полупроводниках.

Методы исследования материалов и структур электроники.

Методы контроля параметров полупроводников.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОПК-4	Готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - состояние и перспективы научно-технической проблемы разработки технологических процессов производства материалов и изделий электронной и микросистемной техники; - современные тенденции развития материаловедения, электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; - создавать и анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели явлений природы, получить навыки использования в практике важнейших физических измерительных приборов и приемов; - представить графические и текстовые конструкторские документы в соответствии с требованиями стандартов. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методами системного анализа влияния инноваций на процесс проектирования; - методами практического использования современных

		компьютеров для обработки информации и решения инженерных задач.
ПК-5	Готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - современный уровень развития электроники; - технические характеристики использования измерительной и вычислительной техники; - методы расчета конструкций элементов интегральных схем; - - конструктивные ограничения при проектировании ИС. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - пользоваться измерительной и вычислительной техникой в своей профессиональной деятельности; - пользоваться современными достижениями электроники измерительной и вычислительной техники при проектировании электронной компонентной базы; - разрабатывать технические условия на проектирование электронной компонентной базы; <p><i>Владеть</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - методами и приемами разработки топологии тонкопленочных и толстопленочных ГИС - (быть способным продемонстрировать) средствами компьютерной графики и графическими пакетами для автоматизации конструкторской деятельности решения задач в профессиональной деятельности.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины

составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Классификация полупроводниковых ИМС									
1	Основные понятия, термины и определения	8		2	2			4	Домашнее задание(ДЗ) Собеседование (С) Рейтинговая система(РС)
2	Классификация по конструктивно-технологическому признаку	8		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)
3	Классификация по функциональному назначению	8		2	2			5	(ДЗ), (С), (РС)
4	Классификация по быстродействию, степени интеграции и количеству транзисторов	8		3	3			6	(ДЗ), (С), (РС)
<i>Итого по модулю 1:</i>				9	9			19	
Модуль 2. Порядок проектирования ИМС									
1	Составляющие процесса проектирования ИМС	8		2	2			5	(ДЗ), (С), (РС)
2	Исходные данные и порядок для проектирования микросхем.	8		3	3			6	(ДЗ), (С), (РС)
3	Структура библиотек и уровни проектирования	8		4	4			8	(ДЗ), (С), (РС)

	<i>Итого по модулю 2:</i>			9	9			19	
Модуль 3. Конструирование полупроводниковых ИМС									
1	Элементы полупроводниковых ИМС	8		3	4			6	(ДЗ), (С), (РС)
2	Изоляция элементов ИМС	8		2	2			5	(ДЗ), (С), (РС)
3	Конструирование и расчет параметров элементов ИМС	8		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)
4	Разработка топологии ИМС	8		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого по модулю 3:</i>			9	10			19	
Модуль 4. Конструирование гибридных ИМС									
1	Конструирование тонкопленочных ГИС	8		3	3			6	(ДЗ), (С), (РС)
2	Конструирование толстопленочных ГИС	8		3	3			6	(ДЗ), (С), (РС)
3	Специальные вопросы конструирования ИМС.	8		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого по модулю 4:</i>			8	8			16	
	ИТОГО:			35	36			73	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Классификация полупроводниковых ИМС.

Тема 1. Основные понятия, термины и определения.

Интегральная микросхема (ИМС,ИС). Элемент интегральной микросхемы. Компонент интегральной микросхемы.

Классификация ИС: полупроводниковые, гибридные и прочие (пленочные, вакуумные и др.). Полупроводниковая интегральная микросхема. Пленочная интегральная микросхема. Гибридная интегральная микросхема.

Тема 2. Классификация по конструктивно-технологическому признаку.

Полупроводниковые (твердотельные) – биполярные, МОП, БИМОП.

Плёночные – тонкопленочные, толстопленочные. Гибридные. Совмещённые.

Тема 3. Классификация по функциональному назначению. Аналоговые ИС (усилители, компараторы, линейные стабилизаторы,

ШИМ-контроллеры, модуляторы, демодуляторы и т.д.).

Цифровые ИС (элементарная логика, триггеры и триггерные устройства, преобразователи кодов, АЛУ, микропроцессоры и т.д.).

Смешанные ИС (ЦАП, АЦП, микроконтроллеры и т.д.).

Тема 4. Классификация по быстродействию, степени интеграции и количеству транзисторов.

Среднее, большое, сверх большое быстродействие.

Малые ИС (МИС), средние ИС (СИС), большие ИС (БИС) и сверх большие (СБИС).

Модуль 2. Порядок проектирования ИМС.

Тема 1. Составляющие процесса проектирования ИМС.

Значение и роль физики полупроводников, технологии и схемотехники в проектировании ИС.

Составляющие процесса проектирования ИМС (элементы, логические элементы, функциональные узлы, функциональные блоки, IP-блоки (intellectualproperty), SoC (System-on-Chip))

Тема 2. Исходные данные и порядок для проектирования микросхем.

Схема устройства (принципиальная или блок-схема). Технологические нормы производственного процесса.

Порядок проектирования - проектирование элементов, проектирование функциональных узлов, проектирование функциональных блоков, проектирование IP-блоков, проектирование системы на кристалле.

Тема 3. Структура библиотек и уровни проектирования.

Суть и структура библиотек. Требования к библиотекам.

Уровни проектирования.

Модуль 3. Конструирование полупроводниковых ИМС.

Тема 1. Элементы полупроводниковых ИМС.

Элементы полупроводниковых ИМС на биполярных транзисторах.

Транзисторы типа $n-p-n$ (транзисторы с тонкой базой,

многоэмиттерные транзисторы, многоколлекторные

транзисторы). Транзисторы типа $p-n-p$ (горизонтальные транзисторы типа $p-n-p$, вертикальные транзисторы типа $p-n-p$). Составные транзисторы.

Интегральные диоды. Интегральные резисторы (диффузионные резисторы, пинч-резисторы, эпитаксиальные резисторы, эпитаксиальные пинч-резисторы, ионно-легированные резисторы, тонкопленочные резисторы).

Интегральные конденсаторы. Соединения и контактные площадки.

Элементы полупроводниковых ИМС на униполярных транзисторах.

Тема 2. Изоляция элементов ИМС.

Изоляция с помощью $p-n$ -переходов. Изоляция диэлектриком. Комбинированная изоляция.

Тема 3. Конструирование и расчет параметров элементов ИМС.

Конструирование и расчет параметров резисторов. Конструирование и расчет параметров конденсаторов.

Конструирование и выбор структуры интегральных транзисторов.

Конструирование и выбор структуры диодов ИМС.

Тема 4. Разработка топологии ИМС. Конструктивно-технологические ограничения при разработке топологии ИМС на биполярных транзисторах. Правила проектирования топологии полупроводниковой ИМС (правила проектирования изолированных областей, правила размещения элементов ИМС на площади кристалла, рекомендации по разработке эскиза топологии, проверка правильности разработки топологии ИМС).

Разработка документации на комплект фотошаблонов для производства ИМС.

Модуль 4. Конструирование гибридных ИМС.

Тема 1. Конструирование тонкопленочных ГИС.

Подложки тонкопленочных ГИС. Материалы элементов тонкопленочных ГИС. Методы формирования конфигураций элементов. Компоненты ГИС. Конструктивные и технологические ограничения при проектировании тонкопленочных ГИС. Расчет конструкций элементов и разработка топологии тонкопленочных ГИС.

Тема 2. Конструирование толстопленочных ГИС.

Платы толстопленочных ГИС. Пасты для толстопленочных ГИС. Основные технологические операции изготовления толстопленочных ГИС. Конструктивный расчет элементов и разработка топологии.

Тема 3. Специальные вопросы конструирования ИМС.

Технические условия на ИМС. Конструктивные методы защиты от дестабилизирующих факторов. Обеспечение тепловых режимов работы ИМС. Обеспечение влагозащиты.

4.3.2. Темы практических и семинарских занятий

Раздел	Темы практических (семинарских) занятий
Модуль 1. Тема 1	<ul style="list-style-type: none"> - Дать определения следующим понятиям: интегральная микросхема, элементинтегральной микросхемы,компонент интегральной микросхемы. - Классификация ИС и их определения. - Работа с лекционным материалом.
Тема2.	<ul style="list-style-type: none"> - Дать краткую характеристику следующим ИМС: полупроводниковые, пленочные, гибридные,совмещённые. - Работа с лекционным материалом.
Тема 3.	<ul style="list-style-type: none"> - Классифицировать ИМС по функциональному признаку и дать характеристику каждому виду. - Работа с лекционным материалом.
Модуль 2. Тема 1	<ul style="list-style-type: none"> - Объекты процесса проектирования ИМС по принципу от простого к сложному. - Работа с лекционным материалом.
Тема 2	<ul style="list-style-type: none"> - Исходные данные к проектированию. - Порядок проектирования. - Работа с лекционным материалом.
Тема 3	<ul style="list-style-type: none"> - Требования к библиотекам. - Уровни проектирования. - Работа с лекционным материалом.
Модуль 3. Тема 1	<ul style="list-style-type: none"> - Элементы полупроводниковых ИМСна биполярных транзисторах. - Элементы полупроводниковых ИМСна униполярных транзисторах. - Работа с лекционным материалом.
Тема 2	<ul style="list-style-type: none"> - Изоляция с помощью <i>p-n</i>-переходов. - Изоляция диэлектриком. - Комбинированная изоляция. - Работа с лекционным материалом.
Тема 3	<ul style="list-style-type: none"> - Конструирование и расчет параметров резисторов. - Конструирование и расчет параметров конденсаторов. - Работа с лекционным материалом.

Тема 4	- Конструирование и выбор структуры интегральных транзисторов. - Конструирование и выбор структуры диодов ИМС.
Модуль 4. Тема 1	- Подложки тонкопленочных ГИС. - Материалы элементов тонкопленочных ГИС. - Методы формирования конфигураций элементов. - Компоненты ГИС.
Тема 2	- Платы толстопленочных ГИС. - Пасты для толстопленочных ГИС. - Основные технологические операции изготовления толстопленочных ГИС. - Конструктивный расчет элементов и разработка топологии.
Тема 3	- Технические условия на ИМС. - Конструктивные методы защиты от дестабилизирующих факторов. - Обеспечение тепловых режимов работы ИМС. - Обеспечение влагозащиты.

5. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция(информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, семинар, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирают наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития

профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Основы проектирования электронной компонентной базы» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

По лекционному материалу подготовлено учебное пособие, конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях; - промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

Итоговый контроль.

Экзамен в конце 8 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и

вносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые неизвестные термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-4	Готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - состояние и перспективы научно-технической проблемы разработки технологических процессов производства материалов и изделий электронной и микросистемной техники; - современные тенденции развития материаловедения, электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий. <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; - создавать и анализировать на основе физических законов и их 	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, расчетно-графическая работа

		<p>следствий теоретические модели явлений природы, получить навыки использования в практике важнейших физических измерительных приборов и приемов;</p> <p>- представить графические и текстовые конструкторские документы в соответствии с требованиями стандартов.</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>- методами системного анализа влияния инноваций на процесс проектирования;</p> <p>- методами практического использования современных компьютеров для обработки информации и решения инженерных задач.</p>	
ПК-5	<p>Готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования</p>	<p><i>Знает:</i></p> <p>- современный уровень развития электроники;</p> <p>- технические характеристики использования измерительной и вычислительной техники;</p> <p>- методы расчета конструкций элементов интегральных схем; - - конструктивные ограничения при проектировании ИС.</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>- пользоваться измерительной и вычислительной техникой в своей</p>	<p>Письменный опрос, тестирование, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на семинарах, расчетно-графическая работа</p>

		профессиональной деятельности; - пользоваться современными достижениями электроники измерительной и вычислительной техники при проектировании электронной компонентной базы; - разрабатывать технические условия на проектирование электронной компонентной базы; <i>Владеет:</i> - методами и приемами разработки топологии тонкопленочных и толстопленочных ГИС - (быть способным продемонстрировать) средствами компьютерной графики и графическими пакетами для автоматизации конструкторской деятельности решения задач в профессиональной деятельности.	
--	--	--	--

7.2. Типовые контрольные задания

Примерные темы для докладов студентов на семинарских занятиях

1. Общая классификация и краткая характеристика микросхем.
2. Основные процессы планарной технологии.
3. Конструирование и расчет параметров элементов ИМС.
4. Порядок расчета конструктивных и электрических параметров элементов ИМС.
5. Подложки тонкопленочных ГИС.
6. Компоненты ГИС.
7. Расчет конструкций элементов тонкопленочных ГИС.
8. Разработка топологии тонкопленочных ГИС.

9. Обеспечение тепловых режимов работы ИМС.

Рекомендации к последовательности выполнения реферата.

1. Изучение проблемы по материалам, доступным в Интернете:
2. Согласовать название сообщения.
3. Написать тезисы реферата по теме.
4. Выразить, чем интересна выбранная тема в наши дни.
5. Подготовить презентацию по выбранной теме.
6. Сделать сообщение на мини-конференции.

Список контрольных вопросов по дисциплине

1. Интегральная микросхема (ИМС, ИС). Элементы интегральной микросхемы. Компонент интегральной микросхемы.
2. Классификация ИС: полупроводниковые, гибридные и прочие (пленочные, вакуумные и др.).
3. Полупроводниковая интегральная микросхема.
4. Пленочная интегральная микросхема.
5. Гибридная интегральная микросхема.
6. Полупроводниковые (твердотельные) – биполярные, МОП, БИМОП.
7. Пленочные – тонкопленочные, толстопленочные.
8. Гибридные и совмещённые микросхемы.
9. Аналоговые ИС (усилители, компараторы, линейные стабилизаторы, ШИМ-контроллеры, модуляторы, демодуляторы и др.).
10. Цифровые ИС (элементарная логика, триггеры и триггерные устройства, преобразователи кодов, АЛУ, микропроцессоры и т.д.).
11. Смешанные ИС (ЦАП, АЦП, микроконтроллеры и т.д.).
12. Среднее, большое, сверхбольшое быстродействие микросхем.
13. Малые ИС (МИС), средние ИС (СИС), большие ИС (БИС) и сверхбольшие (СБИС) микросхемы.
14. Значение и роль физики полупроводников, технологии и схемотехники в проектировании ИС.
15. Составляющие процесса проектирования ИМС (элементы, логические элементы, функциональные узлы, функциональные блоки, IP-блоки (intellectual property), SoC (System-on-Chip))
16. Схема устройства (принципиальная или блок-схема). Технологические нормы производственного процесса.
17. Порядок проектирования - проектирование элементов, проектирование функциональных узлов, проектирование функциональных блоков, проектирование IP-блоков, проектирование системы на кристалле.
18. Суть и структура библиотек. Требования к библиотекам.
19. Уровни проектирования.

20. Элементы полупроводниковых ИМС на биполярных транзисторах.
21. Транзисторы типа *n-p-n* (транзисторы с тонкой базой, многоэмиттерные транзисторы, многоколлекторные транзисторы).
22. Транзисторы типа *p-n-p* (горизонтальные транзисторы типа *p-n-p*, вертикальные транзисторы типа *p-n-p*).
23. Составные транзисторы.
24. Интегральные диоды.
25. Интегральные резисторы (диффузионные резисторы, пинч-резисторы, эпитаксиальные резисторы, эпитаксиальные пинч-резисторы, ионно-легированные резисторы, тонкопленочные резисторы).
26. Интегральные конденсаторы.
27. Соединения и контактные площадки.
28. Элементы полупроводниковых ИМС на униполярных транзисторах.
29. Изоляция с помощью *p-n*-переходов.
30. Изоляция диэлектриком. Комбинированная изоляция.
31. Конструирование и расчет параметров резисторов.
32. Конструирование и расчет параметров конденсаторов.
33. Конструирование и выбор структуры интегральных транзисторов.
34. Конструирование и выбор структуры диодов ИМС.
35. Конструктивно-технологические ограничения при разработке топологии ИМС на биполярных транзисторах.
36. Правила проектирования топологии полупроводниковой ИМС (правила проектирования изолированных областей, правила размещения элементов ИМС на площади кристалла, рекомендации по разработке эскиза топологии, проверка правильности разработки топологии ИМС).
37. Разработка документации на комплект фотошаблонов для производства ИМС.
38. Подложки тонкопленочных ГИС.
39. Материалы элементов тонкопленочных ГИС.
40. Методы формирования конфигураций элементов.
41. Компоненты ГИС.
42. Конструктивные и технологические ограничения при проектировании тонкопленочных ГИС.
43. Расчет конструкций элементов и разработка топологии тонкопленочных ГИС.
44. Платы толстопленочных ГИС.
45. Пасты для толстопленочных ГИС.
46. Основные технологические операции изготовления толстопленочных ГИС.
47. Конструктивный расчет элементов и разработка топологии.
48. Технические условия на ИМС.
49. Конструктивные методы защиты от дестабилизирующих факторов.
50. Обеспечение тепловых режимов работы ИМС.
51. Обеспечение влагозащиты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Упражнения

1. В кремниевую пластину, легированную атомами бора с концентрацией 10^{15} атомов/см³, диффундирует мышьяк. Процесс ведут при температуре $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 3 ч. Коэффициент диффузии $D = 5 \cdot 10^{-14}$ см²·с⁻¹.

а) Получите выражение, которое описывает конечное распределение концентрации атомов мышьяка, если концентрация примесей на поверхности постоянна: $N_0 = 4 \cdot 10^{18}$ см⁻³.

б) Определите глубину, на которой возникает p-n переход.

Указание: так как при температуре $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ значение $n_i = 6 \cdot 10^{18}$ см⁻³ $> N_0$, то профиль легирования отвечает процессу «внутренней» диффузии (из неограниченного источника). На основании свойств дополнительной функции ошибок (erfc) из равенства $N(x, t) / N_0 = 2,5 \cdot 10^{-4}$ следует, что $x_{\text{пер}} / [2(Dt)]^{1/2} = 3$.

2. Проводится диффузионная обработка участка кремния, на котором предполагается разместить ИМС. Для этого на поверхность эпитаксиального слоя n-типа, имеющего концентрацию доноров $N_d = 10^{16}$ см⁻³, наносится акцепторная примесь с поверхностной плотностью $Q = 5 \cdot 10^{15}$ см⁻².

Образец помещают в диффузионную печь на 1 ч; коэффициент диффузии при температуре в этой печи $D = 3 \cdot 10^{-12}$ см²·с⁻¹.

а) Покажите, что функция $x = f(N(x, t))$, которая описывает профиль распределения концентрации в глубь кристалла, имеет вид

$$x = 2,08 \cdot 10^{-4} \cdot \left[\ln \frac{2,72 \cdot 10^{19}}{N(x, t)} \right]^{1/2}.$$

б) Найдите значение $x_{\text{пер}}$ – глубину, на которой возникает переход, т.е. где концентрация доноров становится равной концентрации диффундирующей примеси.

Указание: известно, что если $N_0 / N_d = 2,72 \cdot 10^3$, то $x_{\text{пер}} / [2(Dt)]^{1/2} = 2,81$.

3. а) Подсчитайте время, которое потребуется для создания на кремниевой пластине оксидного слоя толщиной 200 нм при оксидировании в атмосфере водяного пара при температуре $900\text{ }^{\circ}\text{C}$. Константы оксидирования: $A = 5,7 \cdot 10^{-1}$ мкм; $B = 1,9 \cdot 10^{-1}$ мкм²/ч. Начальное время оксидирования $\tau = 0$.

б) На кремниевой пластине, рассмотренной в п. а), вытравлено окно для диффузии бора. Затем пластина на 1,5 ч помещена в атмосферу сухого кислорода при температуре $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите толщину оксидного слоя на окне, если $x_i = 20$ нм, а также толщину слоя на поверхности исходной

пластины, если $x_i = 200$ нм. Известно, что при температуре 1200 °С константы оксидирования: $A = 5 \cdot 10^{-2}$ мкм; $B = 4,2 \cdot 10^2$ мкм²/ч.

4. Вычислите сопротивление пленочного резистора и емкость конденсатора при следующих условиях:

а) Пленочный резистор представляет собой кремниевую пластину толщиной $0,00254$ см, равномерно легированную фосфором с концентрацией 10^{17} см⁻³ и бором с концентрацией $5 \cdot 10^{16}$ см⁻³. Воспользуйтесь тем, что сопротивление пленки

$$R_s = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{\rho \cdot l}{l \cdot x_i} = \frac{\rho}{x_i},$$

где ρ – удельное сопротивление материала; l – длина, A – площадь поперечного сечения, x_i – толщина пластины. Положите, что $\mu_n = 1300$ см² · В⁻¹ · с⁻¹.

б) Конденсатор образован кремниевым *p-n*-переходом. Концентрация акцепторов, равная 10^{16} см⁻³, значительно меньше концентрации доноров. Площадь обкладок конденсатора $A = 129$ мм². К конденсатору приложено обратное напряжение $1,5$ В.

Практические задания по разработке технологической документации изготовления электронной компонентной базы интегральных микросхем

1. Разработать операционную карту процесса диффузии бора в кремний.

Исходные данные:

1. Подложка кремния *p*-типа с ориентацией 100.
2. Диффузант – бор.
3. Участок термохимической технологии.
4. Производство серийное.

2. Разработать технологическую инструкцию на операцию травления мезаструктуры GaAs.

Исходные данные:

1. Подложка арсенида галлия (GaAs) с ориентацией 100.
2. Селективный травитель.
3. Участок химической технологии.
4. Производство серийное.

3. Разработать маршрутную карту технологического процесса изготовления транзистора Шоттки.

Исходные данные:

1. Структура транзистора.
2. Подложка кремния *p*-типа с ориентацией 100.

3. Металлизация контакта Шоттки, титан-золото.
3. Металлизация эмиттера и коллектора, алюминий.
4. Участок планарно-эпитаксиальной технологии.
5. Производство серийное.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %. Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 25 баллов,
- выполнение лабораторных заданий –,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 25 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 15 баллов.

Критерии оценок на курсовых экзаменах

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо
- «86 - 100» баллов – отлично
- «51 и выше» баллов – зачет

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Опадчий, Юрий Федорович. Аналоговая и цифровая электроника : учебник для вузов / Опадчий, Юрий Федорович, Глудкин, Олег Павлович, Гуров, Александр Иванович ; Под ред. О.П. Глудкина. - М. : Радио и связь, 1996. (12 экз.)

2. Белов, Николай Витальевич. Электротехника и основы электроники : учеб. пособие / Белов, Николай Витальевич, Ю. С. Волков. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2016 . - 1080-64(11 экз.)

3. Шеин А.Б. Методы проектирования электронных устройств [Электронный ресурс] / А.Б. Шеин, Н.М. Лазарева. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2013. — 456 с. — 978-5-9729-0041-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13540.html>

4. Камышная Э.Н. Формальное представление электрических принципиальных схем для решения задач автоматизированного проектирования электронной аппаратуры [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э.Н. Камышная, В.В. Маркелов, В.А. Соловьев. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 48 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31315.html>

б) дополнительная литература:

5. Электротехника : Учеб. пособие для студентов физ. и индустриально-пед. фак. пед. ин-тов и ун-тов / А.Н.Аблин, М.А.Ушаков, Г.С.Фестинатов и др.; Под ред. Ю.Л.Хотунцева. - М. : АГАР, 1998. - 430 с. - 31-40.

6. Иванова Н.Ю. Инструментальные средства конструкторского проектирования электронных средств [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Ю. Иванова, Е.Б. Романова. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2013. — 121 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66462.html>

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1) eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. — Москва, 1999 — . Режим доступа:

<http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 01.04.2017). — Яз. рус., англ.

2) Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. — Махачкала, г. — Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. — URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).

3) Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. — Махачкала, 2010 — Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный (дата обращения: 21.03.2018).

4) Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>

5) Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.</p>
Практические занятия	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.</p>
Реферат	<p>Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.</p>
Подготовка к	<p>При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на</p>

Лекционный курс. Лекция является основной формой обучения в ВУЗе. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов.

Записи должны быть избирательными, своими словами, полностью следует записывать только определения. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. В ходе изучения аккумулирования энергии особое значение имеют материалы и схемы аккумулирования, поэтому в конспекте лекции рекомендуется делать все схемы, сделанные преподавателем на доске. Вопросы, возникающие у студентов в ходе лекции, рекомендуются задавать после окончания лекции.

Студенту необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к экзамену, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий, подготовке к семинарским занятиям.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально – техническая база кафедры инженерной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 « **Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить бакалавров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.