



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

*Физический факультет*

Кафедра «Инженерная физика»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ**  
**КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ**

Кафедра «Инженерной физики» факультета «Физический».

**Образовательная программа**  
**11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»**

**Направленность (профиль) программы**  
**Материалы и технологии электроники и наноэлектроники**

**Уровень высшего образования**  
Магистратура

**Форма обучения**  
очная

**Статус дисциплины:**  
**Базовая**

Махачкала 2021

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО- магистратура по направлению подготовки 11.04.04- Электроника и наноэлектроника, программа магистратуры: Материалы и технологии электроники и наноэлектроники от «05» апреля 2017 №301.

Разработчик(и): кафедра инженерной физики  
Кардашова Г.Д. – к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры инженерной физики от «29» июня 2021г., протокол № 10

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Садыков С.А.

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

Председатель \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «05» июня 2021г.

Нач. УМУ \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Гасангаджиева А.Г.

## Оглавление

Аннотация рабочей программы дисциплины .....	4
1. Цели освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры .....	6
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).....	8
4. Объем, структура и содержание дисциплины. ....	10
4.1. Объем дисциплины.....	10
4.2. Структура дисциплины. ....	10
4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам). ....	11
4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.....	11
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. Типовые контрольные задания. ....	17
7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	20
8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины. ....	21
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	22
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	23
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем. ....	25
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	26

## *Аннотация рабочей программы дисциплины*

Дисциплина «Проектирование и технология электронной компонентной базы» входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению (специальности) 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника». Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой Инженерная физика.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современными методами автоматизированного проектирования и конструирования электронной компонентной базы, с исследованием характеристик схмотехнических элементов, определением параметров, характеризующих их работу, анализу полученных результатов, и составлению отчетов; с обучением методам теоретического и экспериментального исследования структурных и электрических схем, получение технических характеристик с помощью физико-математических моделей и алгоритмов исследования, с обучением.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: Универсальных – УК-2, Общепрофессиональных - ОПК-4.

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 зачета.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе зачет	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					консультации		
		всего	Лекции и	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР			
11	72	30	10	-	20		42	зачет	

## **1. Цели освоения дисциплины**

**Цель освоения дисциплины «Проектирование и технология электронной компонентной базы»** - формирование знаний в области проектирования современных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, изучение и практическое освоение технологии изготовления электронной компонентной базы (ЭКБ), дать базовые знания по расчету и топологии пассивных элементов, общим вопросам проектирования ГИС и БГИС.

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 соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;
- разработка проектной и технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ.

**Задачами дисциплины** является обучение методам и технологиям формирования структур основных активных и пассивных элементов ИМС изучение особенностей полупроводниковых приборов и пассивных элементов в интегральном исполнении; изучение принципов работы основных схемотехнических базовых элементов; формирование навыков по исследованию характеристик схемотехнических элементов, определению параметров, характеризующих их работу, анализу полученных результатов, и составлению отчетов; обучение методам теоретического и экспериментального исследования структурных и электрических схем, получение технических характеристик с помощью физико-математических моделей и алгоритмов исследования; анализ современных конструкций кремниевых СБИС и

технологий их изготовления; изучение особенностей конструктивно - технологической реализации МОП, КМОП и БиКМОП СБИС; ознакомление с особенностями создания мощных полупроводниковых приборов; обучение современным методам автоматизированного проектирования и конструирования электронной компонентной базы.

**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, технология производства полупроводниковых, тонкоплёночных и гибридных ИМС.

## ***2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры***

Дисциплина «Проектирование и технология электронной компонентной базы» входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению (специальности) 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника».

Для освоения дисциплины «Проектирование и технология 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;
- Основы проектирования электронной компонентной базы;
- 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:

Современные методы диагностики материалов.

Элементная база современной микро и наноэлектроники.

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

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
<p><b>УК-2.</b> Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</p>	<p><b>УК-2.1.</b> Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты</p>	<p><b>Знает:</b> - основы разработки концепции проекта с указанием цели его создания, способов достижения поставленной цели и формулировкой круга задач, которые необходимо решить для ее достижения</p> <p><b>Умеет:</b> - разрабатывать концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы - выбирать способы реализации поставленных задач в соответствии с ожидаемыми результатами</p> <p><b>Владеет:</b> - навыками и приемами разрабатывать концепцию проекта, обеспечивающей достижение ожидаемых результатов поставленной задачи</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос, тестирование, расчетно-проектная работа</p>
	<p><b>УК-2.2.</b> Разрабатывает план реализации проекта с учетом возможных рисков реализации и возможностей их устранения, планирует необходимые ресурсы</p>	<p><b>Знает:</b> -методы оценки возможных рисков реализации проекта и способы их устранения</p> <p><b>Умеет:</b> - разрабатывать план реализации проекта и планировать необходимые ресурсы с учетом возможных рисков для достижения поставленной цели оптимальными способами</p> <p><b>Владеет:</b> - навыками планировать выполнение проекта с учетом имеющихся ресурсов и возможных рисков.</p>	<p>Письменный опрос, тестирование, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на семинарах, расчетно-проектная работа, выступление на семинарах, студенческая конференция</p>



<p><b>ОПК-4.</b> Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач.</p>	<p><b>ОПК-4.1.</b> Разрабатывает эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования</p>	<p><b>Знает:</b> - основы информационных технологий, основные возможности и правила работы со стандартными программными продуктами при решении профессиональных задач - методы вычислительной физики и математического моделирования</p> <p><b>Умеет:</b> - разрабатывать эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования</p> <p><b>Владеет:</b> - навыками разрабатывать специализированные программные средства и методы математического моделирования для проведения исследований и решения инженерных задач</p>	<p>Письменный опрос, устный опрос, тестирование, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на семинарах, расчетно-проектная работа, выступление на семинарах, студенческая конференция</p>
	<p><b>ОПК-4.2.</b> Применяет специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач.</p>	<p><b>Знает:</b> - требования к программно-математическому обеспечению для эффективного проведения исследований и решения инженерных задач</p> <p><b>Умеет:</b> - подобрать и применять наиболее оптимальное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач</p> <p><b>Владеет:</b> -навыками применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач.</p>	<p>Письменный опрос, устный опрос, тестирование, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на семинарах, расчетно-проектная работа, выступление на семинарах, студенческая конференция</p>

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

##### 4.1. Объем дисциплины

составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

##### 4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
<b>Модуль 1. Проектирование ИМС</b>									
1	Исходные данные и порядок проектирования микросхем.	11	1	1	2			6	(ДЗ), (С), (РС)
2	Элементы полупроводниковых ИМС	11	2	4				7	(ДЗ), (С), (РС)
3	Конструирование и расчет параметров элементов ИМС	11	2	4				7	(ДЗ), (С), (РС)
4	Разработка топологии ИМС	11	1	2				4	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого по модулю 1:</i>			6	12			24	
<b>Модуль 2. Технология ИМС</b>									
1	Основы планарной технологии	11		1	2			4	(ДЗ), (С), (РС)

2	Технологический Процесс изготовления полупроводниковых ИС	11	2	4			7	(ДЗ), (С), (РС)
3	Технологический процесс изготовления тонкоплёночных и гибридных ИС	11	1	2			7	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого по модулю 2:</i>			4	8		18	
	<b>ИТОГО:</b>		10	20			42	

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

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

##### **Модуль 1. Проектирование ИМС**

##### **Тема 1. 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 2. 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 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.

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.

## ***Модуль 2. Технология ИМС.***

### **Тема 1. Основы планарной технологии.**

Структура приборов и основные процессы планарной технологии. Особенности и преимущества планарной технологии. Обработка кремниевых подложек. Легирование кремния. Эпитаксиальное наращивание слоев кремния. Получение тонких пленок. Фотолитография.

### **Тема 2. Технологический процесс изготовления полупроводниковых ИС.**

Методы изоляции элементов. Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых интегральных микросхем.

### **Тема 3. Технологические процессы изготовления тонкопленочных и гибридных интегральных микросхем.**

Материалы подложек. Материалы пленок в тонкопленочных интегральных микросхемах. Получение рисунков в тонких пленках. Типовые технологические процессы изготовления тонкопленочных и толстопленочных интегральных микросхем.

### 4.3.2. Темы практических и семинарских занятий

Раздел	Темы практических (семинарских) занятий
<b>Модуль 1.</b> <b>Тема 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Объекты процесса проектирования ИМС по принципу от простого к сложному.</li> <li>- Исходные данные к проектированию.</li> <li>- Порядок проектирования.</li> <li>- Работа с лекционным материалом.</li> <li>- Требования к библиотекам.</li> <li>- Уровни проектирования.</li> <li>- Работа с лекционным материалом.</li> </ul>
<b>Тема 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Элементы полупроводниковых ИМС на биполярных транзисторах.</li> <li>- Элементы полупроводниковых ИМС на униполярных транзисторах.</li> <li>- Изоляция с помощью <i>p-n</i>-переходов.</li> <li>- Изоляция диэлектриком.</li> <li>- Комбинированная изоляция.</li> <li>- Работа с лекционным материалом.</li> </ul>
<b>Тема 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Конструирование и расчет параметров резисторов.</li> <li>- Конструирование и расчет параметров конденсаторов.</li> <li>- Конструирование и выбор структуры интегральных транзисторов.</li> <li>- Конструирование и выбор структуры диодов ИМС.</li> <li>- Работа с лекционным материалом.</li> </ul>
<b>Тема 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Подложки тонкопленочных ГИС.</li> <li>- Материалы элементов тонкопленочных ГИС.</li> <li>- Методы формирования конфигураций элементов.</li> <li>- Компоненты ГИС.</li> <li>- Конструктивный расчет элементов и разработка топологии</li> </ul>
<b>Модуль 2.</b> <b>Тема 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Структура приборов и основные процессы планарной технологии.</li> <li>- Особенности и преимущества планарной технологии.</li> <li>- Обработка кремниевых подложек.</li> <li>- Легирование кремния.</li> <li>- Эпитаксиальное наращивание слоев кремния.</li> <li>- Получение тонких пленок.</li> <li>- Фотолитография.</li> </ul>
<b>Тема 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Методы изоляции элементов.</li> </ul>

	- Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых интегральных микросхем.
<b>Тема 3</b>	- Материалы подложек. - Материалы пленок в тонкопленочных интегральных микросхемах. - Получение рисунков в тонких пленках. - Типовые технологические процессы изготовления тонкопленочных и толстопленочных интегральных микросхем.

### **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 соответствие 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 «Проектирование и технология 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.***

Зачет в конце 11 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 заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые 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.***

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачеты; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре. Они также размещены на образовательном сервере Даггосуниверситета (по адресу: <http://edu.dgu.ru>), а также представлены в управление качества образования ДГУ.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ООП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ООП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.



Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

### ***7.1. 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.
10. Структура приборов и основные процессы планарной технологии.
11. Особенности и преимущества планарной технологии.
12. Механическая обработка кремния.
13. Травление кремния.
14. Легирование кремния. Эпитаксиальное наращивание слоев кремния.
15. Получение тонких пленок.
16. Фотолитография.
17. Технологический процесс изготовления полупроводниковых ИС.
18. Технологические процессы изготовления тонкопленочных и ГИС.

#### **Рекомендации к последовательности выполнения реферата.**

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

#### **Список контрольных вопросов по дисциплине**

1. Интегральная микросхема (ИМС, ИС). Элемент 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.
52. Структура приборов и основные процессы планарной технологии.
53. Особенности и преимущества планарной технологии.

54. Механическая обработка кремния.
55. Очистка поверхности кремния.
56. Травление кремния.
57. Легирование кремния.
58. Эпитаксиальное наращивание слоев кремния.
59. Получение тонких пленок.
60. Фотолитография.

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

1. 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.

2. 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.

***7.2. 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 оценки за рефераты:**

**Оценка «отлично»** – выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована ее актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объем, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

**Оценка «хорошо»** – основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объем реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

**Оценка «удовлетворительно»** – имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности, тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

**Оценка «неудовлетворительно»** – тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

### **8. Учебно-методическое обеспечение 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. ( 2 экз.)

**2. Таиров, Юрий Михайлович.** Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов : учеб. для вузов / Таиров, Юрий Михайлович, В. Ф. Цветков. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2002. - 422,[1] с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0438-7 : 190-08. ( 26 экз.)

**3. Селиванова З.М.** Проектирование и технология электронных средств [Электронный ресурс] : учебное пособие / З.М. Селиванова, Д.Ю. Муромцев, О.А. Белоусов. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 140 с. — 978-5-8265-1093-3. — Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/63895.html>

4. Хорин И.А. Технологии электронной компонентной базы [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.А. Хорин. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 278 с. — 978-5-4486-0210-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73345.html>

5. 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>

б) дополнительная литература:

1. **Касаткин, Александр Сергеевич.** Электротехника : учеб. для вузов / Касаткин, Александр Сергеевич, Немцов, Михаил Васильевич. - изд. 6-е, перераб. - М. : Высшая школа, 2000.

2. Татаринов В.Н. Введение в специальность инженера по проектированию и эксплуатации радиоэлектронных средств [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов специальностей «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» «Проектирование и технология радиоэлектронных средств», направления «Конструирование и технология электронных средств» / В.Н. Татаринов, А.А. Чернышев. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 90 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72076.html>

3. Рабинович О.И. Основы технологии электронной компонентной базы [Электронный ресурс] : методы контроля характеристик материалов в технологических процессах получения тонкопленочных материалов. Лабораторный практикум / О.И. Рабинович, Д.Г. Крутогин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2013. — 42 с. — 978-5-87623-710-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56231.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	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.
Практические занятия	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.
Реферат	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.
Подготовка к экзамену	Ознакомиться со структурой и оформлением реферата. При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

**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 аккумуляции энергии особое значение имеют материалы и схемы аккумуляции, 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.

Для усвоения дисциплины используются электронные базы учебно-методических ресурсов, электронные библиотеки.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных компьютерных средств обучения и демонстрации в учебном процессе составляет не менее 70% лекционных занятий.

В процессе обучения используются следующие информационные технологии:

- текстовый процессор Microsoft Word, пакет подготовки презентаций Microsoft PowerPoint;
- Internet;
- внутренняя локальная сеть ДГУ.

Возвращаясь к применению новых информационных технологий в обучении отметим несколько направлений их применения в образовательном процессе: компьютер, как средство контроля знаний; лабораторный практикум с применением компьютерного моделирования; мульти- медиа-технологии, как иллюстративное средство при объяснении нового материала, персональный компьютер, как средство самообразования.

В практике работы преподавателей для осуществления контроля знаний используются тематические тесты (тестирующие программы); как правило, источником тестов могут служить мультимедиа компакт-диски с обучающими программами или глобальная сеть Интернет. Сегодня многие образовательные учреждения имеют доступ к ресурсам всемирной сети, а некоторые из них создают собственные интернет-страницы и располагают на них методические разработки, учебные программы и т.п.

- моделирование и демонстрацию объектов, явлений и процессов; наиболее целесообразным является моделирование таких процессов, которые невозможно или трудно организовать в обычных кабинетах;
- производство измерений с помощью ЭВМ; имитацию средств измерения и выполнение рутинной части обработки результатов измерений;
- обеспечение различных игровых форм занятий;
- отработка образовательных действий различного характера, решение задач;
- контроль и оценку уровня подготовки обучающихся.

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

Материально – техническая база кафедры инженерной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.04.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить магистров, 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.