



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра инженерной физики

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 составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС 3++ ВО по направлению подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника** (уровень бакалавриата), утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. № 927 (Изменения в ФГОСВО, внесенные приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «8» февраля 2021 г. №83).

Разработчик: кафедра инженерной физики, д.ф.м.н., проф. Садыков С.А.

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. 

.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.
4. Объем, структура и содержание дисциплины
5. Образовательные технологии
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины
 - 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы
 - 7.2. Типовые контрольные задания
 - 7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физические основы электроники» входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой инженерной физики.

Содержание дисциплины направлено на ознакомление студентов с основами зонной теории и физическими процессами в полупроводниках и полупроводниковых структурах, принципами работы современных полупроводниковых приборов, их основных свойств и характеристик.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

общепрофессиональных:

- Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности (ОПК-1);
- Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных (ОПК-2);
- Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной (ОПК-3).

профессиональных:

Способен разработать комплект конструкторской и технической документации на изделия «система в корпусе» (ПК-3):

- Способен разработать технические описания на отдельные блоки и систему в целом (ПК-3.1);
- Способен разработать подготовить функционального описания, инструкции по типовому использованию и назначению изделий "система в корпусе" (ПК-3.2).

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

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

Объем дисциплины 9 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий 324 часа.

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
6,7	324	50	73	52	36		113	
6	108	18	22	18	36		50	экзамен
7	216	32	51	34			63	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Физические основы электроники» - дать базовые знания по физическим основам и ознакомить с достижениями и перспективами развития современной микроэлектроники и твердотельной электроники.

Задачами дисциплины является изучение физических основ твердотельной электроники, ознакомление с принципами действия, конструктивно-технологическими особенностями, основными характеристиками и параметрами приборов микроэлектроники и твердотельной электроники.

Электроника представляет собой обширную область техники, базирующуюся на изучении физических явлений в полупроводниках, диэлектриках, вакууме, газе, плазме и т. д., для создания на их основе разнообразных изделий с электронными компонентами. Увеличение объема информации и ограниченность учебного времени при изучении дисциплин твердотельной электроники обуславливают необходимость интенсификации обучения, разработки и внедрения современной методики обучения. Традиционные задачи электроники: моделирование изучаемых процессов и явлений, управление, диагностика, становятся наиболее понятны и доступны студентам благодаря использованию информационных технологий в процессе обучения.

В этой связи, применение программных и информационных продуктов в процессе обучения повышает эффективность освоения теоретических основ электроники, принципов действия полупроводниковых приборов и устройств, а также практических навыков при выполнении задач профессиональной деятельности.

Основные разделы программы курса: основы зонной теории полупроводников, физические основы работы полупроводниковых приборов, контактные явления в полупроводниках, полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МПД – транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом, полупроводниковые излучатели и фотоприемники, полупроводниковые резисторы и преобразователи, сведения по надежности полупроводниковых приборов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Физические основы электроники» в структуре ОПОП ВО находится базовую часть образовательной программы (Базовый модуль направления). Для освоения дисциплины «Физические основы электроники» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин, таких как:

- Теоретические основы электротехники
- Введение в физику полупроводников
- Материалы электронной техники
- Нанoeлектроника
- Наноструктурные материалы.

Использование современных интерактивных программных комплексов для выполнения и редактирования схем, изображений и чертежей (OriginGraph, MathCad, MicrosoftVisio, LabView,), использование сетевых технологий (ZOOM, MicrosoftTeams), использование «облачных» технологий для хранения и обмена информацией.

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

Тип задачи профессиональной деятельности – **научно-исследовательский**

<i>Код и наименование профессиональной компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции выпускника</i>	<i>Результаты обучения</i>
<p>ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Анализирует и обрабатывает научно-техническую информацию по естественным наукам и математике для решения поставленной инженерной задачи</p>	<p>Знает: - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности Умеет: - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта Владеет: - навыками критического анализа научно-технической литературы в сфере профессиональной деятельности</p>
	<p>ОПК-1.2. Использует положения, законы и методы естественных наук и математики для решения поставленной инженерной задачи</p>	<p>Знает: - основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности Умеет: - применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера Владеет: - навыками находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p>
<p>ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления</p>	<p>ОПК-2.1. Планирует экспериментальные исследования для решения поставленной задачи</p>	<p>Знает: - методы планирования эксперимент для решения поставленной задачи Умеет: - рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Владеет: - навыками формулировать в рамках поставленной цели совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение.</p>

полученных данных.		
	<p>ОПК-2.2. Самостоятельно проводит экспериментальные исследования, использует основные приемы обработки и представления экспериментальных данных</p>	<p>Знает: - основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации - основные приемы обработки и представления экспериментальных данных</p> <p>Умеет: - выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования - использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных</p> <p>Владеет: - проведения экспериментальных исследований для решения поставленных инженерных задач - способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений</p>
<p>ОПК-3. Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности</p>	<p>ОПК-3.1. Осуществляет поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представляет ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий</p>	<p>Знает: - современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий - основы информационных технологий, основные возможности и правила работы со стандартными программными продуктами при решении профессиональных задач, современные интерактивные программные комплексы для выполнения и редактирования текстов, изображений и чертежей (OriginGraph, MathCad, MicrosoftVisio, LabView)</p> <p>Умеет: - использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации - решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации (Google, Yahoo, Yandex) - решать задачи твердотельной электроники с применением современных средств обработки данных и средств автоматизации (MathCad, MicrosoftVisio, LabView)</p> <p>Владеет: современными интерактивными технологиями поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий</p> <p>- навыками применения современных программных</p>

	<p>ОПК-3.2. Соблюдает основные требования информационной безопасности</p>	<p>средств при решении профессиональных задач, выполнения и редактирования текстов, изображений и чертежей OriginGraph, MathCad, MicrosoftVisio, LabView)</p> <p>Знает: - основные требования к соблюдению информационной безопасности (целостность данных, конфиденциальность информации, доступность исходных данных, достоверность материала).</p> <p>Умеет: - соблюдать основные требования информационной безопасности при поиске, хранении, обработке и анализе информации</p> <p>Владеет: - навыками обеспечения информационной безопасности</p>
<p>ПК-3. Способен разработать комплект конструкторской и технической документации на изделия «система в корпусе»</p>	<p>ПК-3.1. Способен разработать технические описания на отдельные блоки и систему в целом</p>	<p>Знает: - аналоговую и цифровую схемотехнику, схемотехнику импульсных схем, схемы смешанного сигнала; - электронную компонентную базу производства изделий "систем в корпусе" и микросборок; - принципы использования физических эффектов в твердом теле, в приборах и устройствах твердотельной электроники; - физические эффекты и процессы, лежащие в основе принципов действия полупроводниковых и оптоэлектронных приборов; - физические процессы, происходящие в различных контактах (электронно-дырочном переходе, контакте металл-полупроводник и гетеропереходе), физический смысл их основных параметров; - устройство и принцип действия, схемы включения и режимы работы основных приборов (диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров), вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения. - требования к оформлению технологической документации для изготовления опытного образца изделий "система в корпусе" и микросборок; - программные продукты для разработки технических описаний и конструкторской документации; - основные этапы проектирования и технологии изготовления изделий "система в корпусе" и микросборок; -технический английский язык в области микро- и наноэлектроники;</p>

		<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать требования технического задания на разработку изделий "система в корпусе" и микросборок; - находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов в справочной литературе и оценивать их влияние на характеристики и параметры приборов; - оформлять техническую документацию на проектирование и конструирование изделий "система в корпусе" и микросборок; - разрабатывать структурные и функциональные схемы на основе электрической схемы; - составлять описание схем и технических условий эксплуатации; - пользоваться специальным программным обеспечением для разработки технических описаний и конструкторской документации на изделия "система в корпусе". <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - опытом разработки технических описаний структурной схемы, электрической схемы, технических условий функционирования отдельных блоков; - навыками обосновать выбор электронных компонентов для отдельных блоков изделий "система в корпусе"; - опытом описания отдельных компонентов блоков, их характеристик и технических условий эксплуатации; - навыками разработки функциональных схем отдельных блоков изделий "система в корпусе"; - навыками разработки описания структурной схемы и технических условий функционирования изделий "система в корпусе"
	<p>ПК-3.2. Способен разработать подготовить функционального описания, инструкции по типовому использованию и назначению изделий "система в корпусе"</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - общие правила составления инструкций для пользователей изделий "система в корпусе" и микросборок; - техника и электроника в которой применяются изделия "система в корпусе" и микросборки; - аналоговая и цифровая схемотехника, схемотехника импульсных схем, схемы смешанного сигнала; - технологические процессы монтажа элементов на кристалл и применяемые для этого материалы; - физико-химические свойства материалов, применяемых в микроэлектронике; - технический английский язык в области микро- и нанoeлектроники; <p>Умеет:</p>

		<p>- разрабатывать нормативно-техническую документацию для "систем в корпусе" и микросборок;</p> <p>- определять экологическую пригодность выпускаемой продукции.</p> <p>Владеет:</p> <p>- навыками разработка описания типовых функций, выполняемых при изготовлении изделий "система в корпусе";</p> <p>- навыками разработки типовых схем включения изделий "система в корпусе";</p> <p>- навыками разработки инструкций для пользователей изделий "система в корпусе".</p>
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 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.		
Модуль 1. Физические основы полупроводниковой электроники									
1	Физические основы работы приборов полупроводниковой электроники.	6		10	8	10	20	25	Домашнее задание (ДЗ) Собеседование (С) Рейтинговая система (РС)
Модуль 2. Электрические переходы									
2	Контактные явления в полупроводниках	6		8	10	12		25	(ДЗ), (С), (РС)
ИТОГО: 6 – сем.				18	18	22		50	
Модуль 3. Полупроводниковые диоды									
3	Полупроводниковые диоды	7		6	4	10	6	12	(ДЗ), (С), (РС)
Модуль 4. Биполярные транзисторы. Тиристоры.									
4	Биполярные транзисторы	7		6	6	10	6	8	(ДЗ), (С), (РС)
5	Тиристоры	7		4	2	4	4	6	(ДЗ), (С), (РС)
Модуль 5. Полевые транзисторы.									
6	МПД-транзисторы	7		4	6	6	4	6	(ДЗ), (С), (РС)
7	Полевые	7		4	6	8	6	10	(ДЗ), (С), (РС)

	транзисторы с управляющим переходом								
Модуль 6. <i>Оптоэлектронные полупроводниковые приборы</i>									
8	Полупроводниковые излучатели и фотоприемники	7		4	4	8	4	10	(ДЗ), (С), (РС)
9	Полупроводниковые резисторы и преобразователи	7		2	4	4	4	6	(ДЗ), (С), (РС)
Модуль 7. <i>Надежность полупроводниковых приборов.</i>									
10	Сведения по надежности полупроводниковых приборов	7		2	2		2	5	(ДЗ), (С), (РС)
ИТОГО: (7 сем.)				32	34	51	36	63	
Всего: 324				50	52	83	36	113	

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

6-семестр

Модуль 1.

Физические основы полупроводниковой электроники

Тема 1. Основы зонной теории полупроводников.

Уравнение Шрёдингера для кристалла, одноэлектронное приближение. Зоны разрешенных значений энергии электрона в кристалле. Зоны Бриллюэна. Движение носителей заряда в кристалле под действием электрического поля, понятие эффективной массы. Локализованные состояния. Элементарная теория примесных состояний. Поверхностные состояния. Зонная структура некоторых полупроводников.

Тема 2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.

Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Степень заполнения примесных уровней. Концентрация электронов и дырок. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственном и примесном полупроводниках. Уравнение электронейтральности. Температурная зависимость уровня Ферми и концентрации носителей заряда в полупроводнике, легированном одним типом примеси, в компенсированном полупроводнике. Вырожденные и частично вырожденные полупроводники.

Тема 3. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда в полупроводниках.

Уравнение непрерывности. Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна. Диффузия основных и неосновных неравновесных носителей заряда. Биполярный коэффициент диффузии. Биполярная дрейфовая подвижность. Распределение концентрации избыточных носителей заряда в полупроводнике в зависимости от скорости поверхностной рекомбинации. Инжекционные токи в твердых телах.

Тема 4. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках.

Спектр отражения и спектр поглощения оптического излучения. Собственное поглощение света, прямые и непрямые переходы. Влияние внешних воздействий на

собственное поглощение полупроводников. Экситонное поглощение, поглощение свободными носителями заряда, примесное и решеточное поглощение. Фоторезистивный эффект, квантовый выход, коэффициент усиления. Зависимость фототока от интенсивности света, кинетика фототока.

Модуль 2.

Тема 5. Электрические переходы.

Электронно-дырочный (р-п) переход. Распределение пространственного заряда, потенциала, поля и концентрации носителей заряда в р-п-переходе. Энергетическая диаграмма. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов. Прямое и обратное включение р-п-перехода. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Формула Шокли. Методы формирования и классификация р-п-переходов.

Переходы на основе контакта металл-полупроводник. Выпрямляющие переходы. Их энергетические диаграммы при различном соотношении работ выхода и типа электропроводности полупроводника. Барьер Шотки. Вольт-амперная характеристика. Свойства и параметры омического перехода. Структура реального невыпрямляющего контакта.

Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.

Демонстрация вентильных свойств и вольт-амперная характеристика р-п-перехода и их расчет с использованием электронных сервисов (Microsoft Visio, MathCad, LabView).

7- семестр

Модуль 3.

Тема 1. Полупроводниковые диоды

Структура и основные элементы полупроводникового диода. Вольтамперная характеристика с учетом падения напряжения на сопротивлении базы. Генерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе. Влияние поверхностных состояний на вольт амперную характеристику. Лавинный, туннельный и тепловой пробой. Барьерная и диффузионная емкости диода. Физическая эквивалентная схема. Переходные процессы в диоде при больших и малых уровнях сигналов.

Классификация полупроводниковых диодов. Выпрямительные плоскостные, высокочастотные, импульсные диоды: конструктивно-технологические особенности, электрические свойства. Диоды различного назначения - туннельные диоды, стабилитроны и стабилитроны, диоды Шотки, варикапы: принцип действия, конструкция, свойства, применение.

Демонстрация вольт-амперная характеристика диодов и их расчет с использованием электронных сервисов (Microsoft Visio, MathCad, LabView).

Модуль 4.

Тема 2. Биполярные транзисторы.

Структура, принцип действия, схемы включения транзистора. Энергетическая диаграмма при нормальном включении. Коэффициенты передачи токов эмиттера и базы. Пробой транзистора.

Статические характеристики транзистора. Системы статических характеристик. Модель Эберса-Молла. Входные и выходные характеристики, характеристики передачи транзистора в схеме с общей базой и общим эмиттером. Сущность эффекта Эрли. Влияние температуры на статические характеристики.

Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы. Физические схемы и собственные параметры. Параметры транзистора как линейного четырехполюсника. Зависимость малосигнальных параметров от постоянной составляющей тока на входе и напряжения на выходе. Частотные параметры транзистора.

Работа транзистора с нагрузкой. Нагрузочная характеристика. Активный режим работы. Работа транзистора на импульсах. Переходные процессы в транзисторе.

Классификация транзисторов по мощности и по частоте. Методы формирования и основные типы транзисторных структур. Конструктивно-технологические особенности мощных транзисторов. Биполярные транзисторы как элементы интегральных микросхем.

Демонстрация схем включения биполярных транзисторов с общей базой, с общим эмиттером и общим коллектором и их расчет Демонстрация схем включения биполярных транзисторов с общей базой, с общим эмиттером и общим коллектором и расчет h -параметров по характеристикам транзисторов с использованием электронных сервисов (MicrosoftVisio, MathCad, LabView).

Тема 3. Тиристоры.

Структура и принцип действия диодного тиристора. Энергетические диаграммы. Открытое и закрытое состояние. Вольт-амперная характеристика. Суммарный коэффициент передачи тока тиристорной структуры. Пробой тиристора. Диодный тиристор с зашунтированным эмиттерным переходом.

Триодный тиристор. Принцип управления. Условие переключения. Симметричный тиристор. Способы управления тиристорами. Конструктивно-технологические особенности и параметры тиристоров.

Демонстрация работы тиристоров с использованием электронных сервисов (MicrosoftVisio, MathCad, LabView).

Модуль 5.

Тема 4. Полевые транзисторы. МДП- транзисторы

Эффект электрического поля в полупроводниках. Идеальная структура металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структура). Энергетические диаграммы МДП-структуры в режимах обогащения, обеднения и инверсии. Пороговое напряжение. Особенности реальных МДП-структур.

Структура, принцип действия и схемы включения МДП-транзистора. Транзисторы с индуцированным и со встроенным каналом. Статические выходные характеристики. Перекрытие канала. Напряжение насыщения. Уравнения ВАХ для крутой и пологой частей характеристик. Характеристики передачи. Влияние температуры на статические характеристики. Пробой транзистора.

Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы МДП-транзистора. Частотные свойства. Переходные процессы в МДП-транзисторе при работе в качестве электронного ключа.

Конструктивно-технологические разновидности транзисторов. Эффекты короткого канала в МДП-транзисторах. Зависимость порогового напряжения от длины канала и напряжения на стоке. Особенности статических характеристик короткоканальных транзисторов. Транзисторы с самосовмещенным затвором. МДП-транзисторы как элементы интегральных микросхем. Приборы с зарядовой связью (ПЗС).

Демонстрация работы полевых транзисторов и МДП-транзисторов с использованием электронных сервисов (MicrosoftVisio, MathCad, LabView).

Тема 5. Полевые транзисторы с управляющим переходом

Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом. Структура и принцип действия. Статические выходные характеристики и характеристики передачи.

Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы. Разновидности полевых транзисторов.

Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шотки (ПТШ). Сравнительная характеристика арсенида галлия и кремния. Структура ПТШ. Принцип действия при работе в режимах обогащения и обеднения канала. Статические характеристики. Конструктивно-технологические особенности и основные параметры. ПТШ как элементы интегральных микросхем на основе арсенида галлия.

Демонстрация работы полевых транзисторов с управляющим p-n-переходом с использованием электронных сервисов (MicrosoftVisio, MathCad, LabView).

Модуль 6.

Тема 6.Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.

Полупроводниковые излучатели. Инжекционная электролюминесценция. Явление вынужденного излучения в полупроводниках. Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочные излучатели, инжекционные лазеры: принцип действия и основные свойства.

Фотоприемники. Явление фотопроводимости и фотовольтаический эффект. Фоторезисторы, фотодиоды, полупроводниковые фотоэлементы, фототранзисторы, фототиристоры: принцип действия, конструкция, основные характеристики и параметры.Оптопары.

Демонстрация работы оптоэлектронных приборров с использованием электронных сервисов (MicrosoftVisio, MathCad, LabView).

Тема 7. Полупроводниковые резисторы

Полупроводниковые резисторы (термисторы, позисторы, варисторы): принцип действия и основные свойства.

Модуль 7.

Тема 8.Гальваномагнитные приборы.Сведения по надежности полупроводниковых приборов

Гальваномагнитные приборы (преобразователи Холла, магнитодиоды, магнитотранзисторы), тензоэлектрические приборы (тензорезисторы, тензодиоды): принцип действия и основные свойства.

Основные положения и понятия теории надежности. Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. Показатели надежности. Постепенные и катастрофические отказы. Причины отказов. Испытания на надежность. Пути повышения качества и надежности.

4.3.1.Содержание лекционных занятий

Модули	Содержание темы
--------	-----------------

<p>Модуль 1. Физические основы полупроводниковой электроники</p>	<p>Лекция 1. Основы зонной теории полупроводников. Уравнение Шрёдингера для кристалла, одноэлектронное приближение. Зоны Бриллюэна. понятие эффективной массы. Локализованные состояния. Зонная структура некоторых полупроводников.</p> <p>Лекция 2. Основы зонной теории полупроводников. Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Степень заполнения примесных уровней. Концентрация электронов и дырок. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственном и примесном полупроводниках. Вырожденные и частично вырожденные полупроводники.</p> <p>Лекция 3. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственном и примесном полупроводниках. Вырожденные и частично вырожденные полупроводники.</p> <p>Лекция 4. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда в полупроводниках. Диффузионный и дрейфовый токи. Диффузия основных и неосновных неравновесных носителей заряда. Инжекционные токи в твердых телах.</p> <p>Лекция 5. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках. Собственное поглощение света, прямые и непрямые переходы. Фоторезистивный эффект, квантовый выход, коэффициент усиления. Зависимость фототока от интенсивности света, кинетика фототока.</p>
<p>Модуль 2. Электрические переходы</p>	<p>Лекция 6-7. Электронно-дырочный (p-n) переход. Распределение пространственного заряда, потенциала, поля и концентрации носителей заряда в p-n-переходе. Энергетическая диаграмма. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов. Прямое и обратное включение p-n-перехода. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. ВАХ p-n перехода.</p> <p>Лекция 8. Переходы на основе контакта металл-полупроводник. Выпрямляющие переходы. Барьер Шоттки. Вольт-амперная характеристика. Свойства и параметры омического перехода. Структура реального невыпрямляющего контакта. ВАХ барьера Шоттки.</p> <p>Лекция 9. Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах. Вольтамперные и вольтфарадные характеристики гетеропереходов.</p> <p>Лекция 9 . Полупроводниковые диоды. Структура и основные</p>

<p>Модуль 3. Полупроводниковые диоды</p>	<p>элементы полупроводникового диода. Барьерная и диффузионная емкости диода. Вентильное свойство диода. Лавинный, туннельный и тепловой пробой.</p> <p><i>Лекция 10 . Полупроводниковые диоды.</i> Генерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе. Влияние поверхностных состояний на вольт амперную характеристику. Барьерная и диффузионная емкости диода. Физическая эквивалентная схема. Переходные процессы в диоде при больших и малых уровнях сигналов.</p> <p><i>Лекция 12-13. Полупроводниковые диоды.</i> Диоды различного назначения - туннельные диоды, стабилитроны и стабисторы, диоды Шотки, варикапы: принцип действия, конструкция, свойства, применение.</p> <p><i>Лекция 14</i> Биполярные транзисторы. Структура, принцип действия, схемы включения транзистора. Энергетическая диаграмма при нормальном включении. Коэффициенты передачи токов эмиттера и базы. Пробой транзистора.</p>
<p>Модуль 4. Биполярные транзисторы. Тиристоры.</p>	<p><i>Лекция 15</i> Биполярные транзисторы. Статические характеристики транзистора. Системы статических характеристик. Входные и выходные характеристики, характеристики передачи транзистора в схеме с общей базой и общим эмиттером. Влияние температуры на статические характеристики.</p> <p><i>Лекция 16. Биполярные транзисторы.</i> Классификация транзисторов по мощности и по частоте. Методы формирования и основные типы транзисторных структур. Конструктивно-технологические особенности мощных транзисторов. Биполярные транзисторы как элементы интегральных микросхем.</p> <p><i>Лекция 17. Тиристоры.</i> Структура и принцип действия диодного тиристора. Энергетические диаграммы. Открытое и закрытое состояние. Вольт-амперная характеристика. Суммарный коэффициент передачи тока тиристорной структуры. Пробой тиристора. Диодный тиристор с зашунтированным эмиттерным переходом.</p> <p><i>Лекция 18. Тиристоры.</i> Триодный тиристор. Принцип управления. Условие переключения. Симметричный тиристор. Способы управления тиристорами. Конструктивно-технологические особенности и параметры тиристоров.</p> <p><i>Лекция 19. МДП- транзисторы.</i> Эффект электрического поля в полупроводниках. Идеальная структура металл-диэлектрик-полупроводник(МДП-структура). Энергетические диаграммы МДП-структуры в режимах обогащения, обеднения и инверсии. Пороговое напряжение.</p> <p><i>Лекция 20. МДП- транзисторы.</i> Транзисторы с индуцированным и со встроенным каналом. Статические выходные характеристики. Характеристики передачи. Влияние температуры на статические</p>

<p>Модуль 5. Полевые транзисторы.</p> <p>Модуль 6. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы. Полупроводниковые резисторы</p>	<p>характеристики. Переходные процессы в МДП-транзисторе при работе в качестве электронного ключа. МДП-транзисторы как элементы интегральных микросхем.</p> <p>Лекция 21. Полевые транзисторы. Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом. Структура и принцип действия. Статические выходные характеристики и характеристики передачи. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы. Разновидности полевых транзисторов.</p> <p>Лекция 22. Полевые транзисторы. Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шоттки (ПТШ). Конструктивно-технологические особенности и основные параметры. ПТШ как элементы интегральных микросхем на основе арсенида галлия.</p> <p>Лекция 23. Полупроводниковые излучатели. Инжекционная электролюминесценция. Явление вынужденного излучения в полупроводниках. Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочные излучатели. Инжекционные лазеры: принцип действия и основные свойства.</p> <p>Лекция 24. Фотоприемники. Фоторезисторы, фотодиоды, полупроводниковые фотоэлементы, фототранзисторы, фототиристоры: принцип действия, конструкция, основные характеристики и параметры. Оптопары.</p> <p>Лекция 25. Полупроводниковые резисторы (термисторы, позисторы, варисторы): принцип действия и основные свойства, конструктивные особенности, области применения.</p>
---	--

4.3.2. Темы практических и семинарских занятий

Модули	Темы практических (семинарских) занятий
	6-семестр
<p>Модуль 1. Тема 1 Основы зонной теории полупроводников</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Основные приближения зонной теории. • Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях. Искривление энергетических зон в электрическом поле. • Энергетические уровни и зоны • Донорные и акцепторные примеси • Проводники, полупроводники и диэлектрики • <i>Решение задач по теме 1 с применением MathCad.</i>
<p>Тема 2 Статистика электронов и дырок в полупроводниках</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Собственная электропроводность полупроводников • Распределение электронов по энергетическим уровням • Примесная электропроводность полупроводников • <i>Расчет температурной зависимости положения уровня Ферми и концентрации свободных носителей заряда в полупроводниках с применением MathCad.</i> • <i>Изучение зависимости уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для</i>

	<p><i>невырожденного полупроводника с применением MathCad.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Решение задач по теме 2с применением MathCad
Тема 3. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда в полупроводниках.	<ul style="list-style-type: none"> Процессы переноса зарядов в полупроводниках Дрейф носителей заряда Диффузия носителей заряда Расчет коэффициента диффузии, длины свободного пробега и времени жизни неосновных носителей заряда. <i>Решение задач по теме 3 с применением MathCad</i>
Тема 4. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках.	<ul style="list-style-type: none"> Механизмы рекомбинации. Излучательная и безызлучательная рекомбинация. Механизмы оптических переходов в полупроводниках. Примесное поглощение вблизи края запрещенной зоны в прямозонных и непрямозонных полупроводниках. Исследование спектров люминесценции полупроводников. <i>Решение задач по теме 4 с применением MathCad</i>
Модуль 2. Тема 5. Электрические переходы.	<ul style="list-style-type: none"> Электронно-дырочный переход Вентильное свойство $p-n$-перехода Вольт-амперная характеристика $p-n$-перехода Виды пробоев $p-n$-перехода Ёмкость $p-n$-перехода Контакт «металл – полупроводник» Контакт между полупроводниками одного типа проводимости Гетеропереходы Свойства омических переходов Решение задач по теме 5с применением MathCad <i>Демонстрация вентильных свойств и вольт-амперная характеристика $p-n$ перехода и их расчет с использованием электронных сервисов (MicrosoftVisio, MathCad, LabView).</i>
	7-семестр
Модуль 3. Тема 1. Полупроводниковые диоды	<ul style="list-style-type: none"> Выпрямительные диоды Особенности вольтамперных характеристик выпрямительных диодов Импульсные диоды Туннельные диоды Обращенный диод Диоды Шоттки Варикапы Стабилитроны Стабисторы Применение полупроводниковых диодов <i>Демонстрация вольт-амперная характеристика диодов и их расчет с использованием электронных сервисов (MicrosoftVisio, MathCad, LabView).</i>
Модуль 4.	<ul style="list-style-type: none"> Физические процессы в биполярном транзисторе

<p>Тема 2.Биполярные транзисторы.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Схемы включения транзистора • Схема с общей базой • Схема с общим эмиттером • Схема с общим коллектором • Статические характеристики биполярного транзистора • Статические характеристики для схемы с общей базой • Статические характеристики для схемы с общим эмиттером • <i>Демонстрация схем включения биполярных транзисторов с общей базой, с общим эмиттером и общим коллектором и их расчет Демонстрация схем включения биполярных транзисторов с общей базой, с общим эмиттером и общим коллектором и расчет h-параметров по характеристикам транзисторов с использованием электронных сервисов (MicrosoftVisio, MathCad, LabView).</i>
<p>Тема 3. Тиристоры.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Динисторы • Триодные тиристоры • Способы запираания тиристоров • Запираемые тиристоры • Симметричные тиристоры • Основные параметры тиристоров • Применение тиристоров • Управляемые выпрямители • Регуляторы переменного напряжения • Структура и основные режимы работы • <i>Демонстрация работы тиристоров с использованием электронных сервисов (MicrosoftVisio, MathCad, LabView).</i>
<p>Модуль 5. Тема 4.Полевые транзисторы. МДП-транзисторы</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Полевой транзистор с управляющим p–n-переходом • Схемы включения полевых транзисторов • Статические характеристики полевых транзисторов • Основные параметры полевых транзисторов • Полевые транзисторы с изолированным затвором • Полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом • Транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом • Сравнение МДП- и биполярного транзистора • <i>Демонстрация работы полевых транзисторов и МДП-транзисторов с использованием электронных сервисов (MicrosoftVisio, MathCad, LabView).</i>
<p>Тема 5.Полевые транзисторы с управляющим переходом</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Полевые транзисторы с управляющим p-n-переходом. • Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шотки (ПТШ). • ПТШ как элементы интегральных микросхем на основе арсенида галлия. • <i>Демонстрация работы полевых транзисторов с управляющим p-n-переходом с использованием электронных сервисов (MicrosoftVisio, MathCad, LabView).</i>

Модуль 6. Тема 6.Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.	<ul style="list-style-type: none"> • Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочные излучатели. • Оптопары. • Фотоэлектрические приборы на основе внешнего фотоэффекта • Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители • Фотоэлектрические приборы на основе внутреннего фотоэффекта • Фоторезисторы • Фотодиоды • Фототранзисторы • Фототиристоры • <i>Демонстрация работы оптоэлектронных приборов с использованием электронных сервисов (Microsoft Visio, MathCad, LabView).</i>
Тема 7.Полупроводниковые резисторы	<ul style="list-style-type: none"> • Термисторы • Позисторы. • Варисторы.
Тема 8.Гальваномагнитные приборы.	<ul style="list-style-type: none"> • Преобразователи Холла • Магнитодиоды • Магнитотранзисторы. • Тензоэлектрические приборы

4.3.3. Темы самостоятельной работы

№	Содержание темы
	6-семестр
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Применение MathCad при решении задач.</i> • <i>Основные этапы решения задач на ЭВМ. Основные принципы моделирования. Программа MathCad. Панели инструментов в системе MathCad. Графика. Типы графиков создаваемых в системе MathCad. Вычисления в MathCad. Вычисления в автоматическом и ручном режиме. Оптимизация вычислений.</i> • <i>Использование OriginGraph для хранения, визуализации и обработки данных при выполнении лабораторных работ</i> • <i>Пакет программ OriginGraph. Основы работы. Панель инструментов. Подготовка данных, построение графиков. Обработка и оптимизация графиков.</i>
1.	<ul style="list-style-type: none"> • Энергетические уровни и зоны • Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях. Искривление энергетических зон в электрическом поле. • Проводники, полупроводники и диэлектрики • Собственная электропроводность полупроводников • Распределение электронов по энергетическим уровням.

2	<ul style="list-style-type: none"> • Примесная электропроводность полупроводников • Донорные примеси • Акцепторные примеси • Температурная зависимость положения уровня Ферми и концентрации свободных носителей заряда в полупроводниках. • Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для невырожденного полупроводника. • Коэффициент диффузии, длина свободного пробега и время жизни неосновных носителей заряда.
3.	<ul style="list-style-type: none"> • Процессы переноса зарядов в полупроводниках • Дрейф носителей заряда • Диффузия носителей заряда
4.	<ul style="list-style-type: none"> • Электрические переходы • Электронно-дырочный переход • Вентильное свойство $p-n$-перехода • Вольт-амперная характеристика $p-n$-перехода • Виды пробоев $p-n$-перехода • Ёмкость $p-n$-перехода • Контакт «металл – полупроводник» • Контакт между полупроводниками одного типа проводимости • Гетеропереходы • Свойства омических переходов
	7-семестр
1.	<ul style="list-style-type: none"> • Выпрямительные диоды • Особенности вольтамперных характеристик выпрямительных диодов • Импульсные диоды • Туннельные диоды • Обращенный диод • Диоды Шоттки • Варикапы • Стабилитроны • Стабисторы
2.	<ul style="list-style-type: none"> • Динисторы • Триодные тиристоры • Способы запираания тиристоров • Запираемые тиристоры • Симметричные тиристоры • Основные параметры тиристоров • Применение тиристоров • Управляемые выпрямители • Регуляторы переменного напряжения
3.	<ul style="list-style-type: none"> • Структура и основные режимы работы • Физические процессы в биполярном транзисторе • Схемы включения транзистора • Схема с общей базой • Схема с общим эмиттером • Схема с общим коллектором • Статические характеристики биполярного транзистора • Статические характеристики для схемы с общей базой

	<ul style="list-style-type: none"> • Статические характеристики для схемы с общим эмиттером
4.	<ul style="list-style-type: none"> • Полевой транзистор с управляющим $p-n$-переходом • Схемы включения полевых транзисторов • Статические характеристики полевых транзисторов • Основные параметры полевых транзисторов • Полевые транзисторы с изолированным затвором • Полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом • Транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом
5.	<ul style="list-style-type: none"> • Полевые транзисторы с управляющим $p-p$-переходом. • Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шоттки (ПТШ). • ПТШ как элементы интегральных микросхем на основе арсенида галлия.
6.	<ul style="list-style-type: none"> • Фотоэлектрические приборы на основе внешнего фотоэффекта • Фотоэлементы • Фотоэлектронные умножители • Фотоэлектрические приборы на основе внешнего фотоэффекта • Фотоэлементы • Фотоэлектронные умножители • Фотоэлектрические приборы на основе внутреннего фотоэффекта • Фоторезисторы • Фотодиоды • Фототранзисторы • Фототиристоры • Светодиоды • Полупроводниковые инжекционные лазеры
7.	<ul style="list-style-type: none"> • Термисторы • Позисторы. • Варисторы.
8.	<ul style="list-style-type: none"> • Преобразователи Холла • Магнитодиоды • Магнитотранзисторы. • Тензоэлектрические приборы.
9.	<ul style="list-style-type: none"> • Основные положения и понятия теории надежности. Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. • Показатели надежности. Постепенные и катастрофические отказы. Причины отказов. Испытания на надежность. • Пути повышения качества и надежности.

4.3.4. Темы лабораторных работ

Выполнение лабораторных работ, обработки результатов измерений, редактирования схем, изображений и чертежей с использованием современных программных средств OriginGraph, MathCad, MicrosoftVisio, LabView.

№	Содержание темы
	6-семестр

1.	<ul style="list-style-type: none"> • Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников. • Исследование электрических свойств полупроводниковых материалов. • Определение ширины запрещенной зоны полупроводника • Исследование свойств полупроводниковых материалов методом Холла. • Исследование собственного оптического поглощения в полупроводниках. • Исследование контакта металла-полупроводник • Исследование работы р-п перехода • Исследование пробоя р-п перехода
	7-семестр
1.	<ul style="list-style-type: none"> • Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах. • Определение основных характеристик стабилитрона и исследование параметрического стабилизатора напряжения • Исследование диода с переменной емкостью (варикапа) • Снятие статических характеристик транзистора на постоянном токе • Снятие статических характеристик полевого транзистора с <i>p-n</i> переходом • Экспериментальное определение основных характеристик тиристоров • Экспериментальное определение основных характеристик и параметров оптопар • Сравнительное исследование одиночных усилительных каскадов на биполярных транзисторах • Исследование усилительных каскадов на полевых транзисторах • Исследование двухкаскадного транзисторного усилителя • Исследование двухтактного усилителя мощности на биполярных транзисторах • Спектральные характеристики светодиодов • Экспериментальное снятие вольтамперной характеристики светодиодов • Вольтамперные характеристики фоторезистора • Люкс-амперные характеристики фоторезистора • Определение интегральной чувствительности фотоэлемента и снятие вольтамперных характеристик • Определение основных характеристик фотодиода • Изучение спектрального аппарата и исследование спектра излучения источника света • Исследование ВАХ диода Шоттки при различных температурах • Исследование ВАХ диода при различных температурах • Исследование ВАХ стабилитрона при различных температурах

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 «Физические основы электроники» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

По лекционному материалу подготовлены 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.

*Методика проведения практических занятий способствует выполнению расчетов, решению задач по электронике, умению пользования нормативной и справочной литературой. Закрепление знаний путем решения разного рода учебно-практических задач осуществляется с применением системы компьютерной математики *MathCad* и *OriginGraph*, предоставляющей высокую степень визуализации всего процесса вычислений, его наглядность, а также минимальные сроки выполнения расчетов. Применяемые электронные средства обучения способствуют увеличению объема выполнения рабочего задания по сравнению с традиционными практическими занятиями.*

Обучающие и контролируемые 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.

Самостоятельная работа магистров имеет целью подготовку к семинарским и практическим занятиям по отдельным разделам дисциплины, а также к выполнению лабораторных работ по предмету. Разделы дисциплины для самостоятельной работы приведены в п.. 4.3.3.

В течение семестра магистры самостоятельно готовятся по отдельным разделам дисциплины, представляют рефераты и презентации, обсуждают выбранные темы на практических занятиях.

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	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
<p>ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности и</p>	<p>ОПК-1.1. Анализирует и обрабатывает научно-техническую информацию по естественным наукам и математике для решения поставленной инженерной задачи</p>	<p>Знает: - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности Умеет: - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта Владеет: - навыками критического анализа научно-технической литературы в сфере профессиональной деятельности</p>	<p>Устный опрос. Письменный опрос (тестирование) Проверка рефератов Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю</p>
	<p>ОПК-1.2. Использует положения, законы и методы естественных наук и математики для решения поставленной инженерной задачи</p>	<p>Знает: - основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности Умеет: - применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера Владеет: - навыками находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p>	<p>Устный опрос. Письменный опрос (тестирование) Проверка рефератов Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю</p>
<p>ОПК-2 Способен самостоятельно проводить</p>	<p>ОПК-2.1. Планирует экспериментальные исследования</p>	<p>Знает: - методы планирования эксперимент для решения поставленной задачи Умеет: - рассматривать возможные варианты</p>	<p>Устный опрос. Письменный опрос (тестирование)</p>

<p>экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.</p>	<p>для решения поставленной задачи</p>	<p>решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Владеет: - навыками формулировать в рамках поставленной цели совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение.</p>	<p>ание)Проверка рефератов Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю</p>
	<p>ОПК-2.2. Самостоятельно проводит экспериментальные исследования, использует основные приемы обработки и представления экспериментальных данных</p>	<p>Знает: - основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации - основные приемы обработки и представления экспериментальных данных Умеет: - выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования - использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных Владеет: - проведения экспериментальных исследований для решения поставленных инженерных задач - способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений</p>	<p>Устный опрос. Письменный опрос (тестирование)Проверка рефератов Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю</p>
<p>ПК-3. Способен разработать комплект конструкторской и технической документации и на изделия «система в корпусе»</p>	<p>ПК-3.1. Способен разработать технические описания на отдельные блоки и систему в целом</p>	<p>Знает: - аналоговую и цифровую схемотехнику, схемотехнику импульсных схем, схемы смешанного сигнала; - электронную компонентную базу производства изделий "систем в корпусе" и микросборок; - принципы использования физических эффектов в твердом теле, в приборах и устройствах твердотельной электроники; - физические эффекты и процессы, лежащие в основе принципов действия полупроводниковых и оптоэлектронных приборов; - физические процессы, происходящие в различных контактах (электронно-дырочном переходе, контакте металл-полупроводник и гетеропереходе),</p>	<p>Устный опрос. Письменный опрос (тестирование)Проверка рефератов Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю</p>

		<p><i>физический смысл их основных параметров;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>устройство и принцип действия, схемы включения и режимы работы основных приборов (диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров), вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения.</i> - <i>требования к оформлению технологической документации для изготовления опытного образца изделий "система в корпусе" и микросборок;</i> - <i>программные продукты для разработки технических описаний и конструкторской документации;</i> - <i>основные этапы проектирования и технологии изготовления изделий "система в корпусе" и микросборок;</i> - <i>технический английский язык в области микро- и нанoeлектроники;</i> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>анализировать требования технического задания на разработку изделий "система в корпусе" и микросборок;</i> - <i>находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов в справочной литературе и оценивать их влияние на характеристики и параметры приборов;</i> - <i>оформлять техническую документацию на проектирование и конструирование изделий "система в корпусе" и микросборок;</i> - <i>разрабатывать структурные и функциональные схемы на основе электрической схемы;</i> - <i>составлять описание схем и технических условий эксплуатации;</i> - <i>пользоваться специальным программным обеспечением для разработки технических описаний и конструкторской документации на изделия "система в корпусе".</i> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>опытом разработки технических описаний структурной схемы, электрической схемы, технических условий функционирования отдельных блоков;</i> - <i>навыками обосновать выбор электронных компонентов для отдельных блоков изделий "система в корпусе";</i> 	
--	--	---	--

		<p>- опытом описания отдельных компонентов блоков, их характеристик и технических условий эксплуатации;</p> <p>- навыками разработки функциональных схем отдельных блоков изделий "система в корпусе";</p> <p>- навыками разработки описания структурной схемы и технических условий функционирования изделий "система в корпусе"</p>	
	<p>ПК-3.2. Способен разработать подготовить функционально го описания, инструкции по типовому использованию и назначению изделий "система в корпусе"</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - общие правила составления инструкций для пользователей изделий "система в корпусе" и микросборок; - техника и электроника в которой применяются изделия "система в корпусе" и микросборки; - аналоговая и цифровая схемотехника, схемотехника импульсных схем, схемы смешанного сигнала; - технологические процессы монтажа элементов на кристалл и применяемые для этого материалы; - физико-химические свойства материалов, применяемых в микроэлектронике; - технический английский язык в области микро- и нанoeлектроники; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать нормативно-техническую документацию для "систем в корпусе" и микросборок; - определять экологическую пригодность выпускаемой продукции. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками разработка описания типовых функций, выполняемых при изготовлении изделий "система в корпусе"; - навыками разработки типовых схем включения изделий "система в корпусе"; - навыками разработки инструкций для пользователей изделий "система в корпусе". 	<p>Устный опрос. Письменный опрос (тестирование) Проверка рефератов Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю</p>

7.2. Типовые контрольные задания

Примерные темы для докладов студентов на семинарских занятиях

1. Процессы переноса зарядов в полупроводниках

2. Электрические переходы
3. Электронно-дырочный переход
4. Гетеропереходы
5. Вольт-амперная характеристика $p-n$ -перехода
6. Ёмкость $p-n$ -перехода
7. Выпрямительные диоды
8. Диоды Шоттки
9. Стабилитроны
10. Биполярные транзисторы
11. Режимы работы транзистора
12. Схемы включения транзистора
13. Полевой транзистор с управляющим $p-n$ -переходом
14. Полевые транзисторы с изолированным затвором
15. Транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом
16. Триодные тиристоры
17. Фотодиоды
18. Инжекционные лазеры

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.

Пример тестовых заданий для промежуточного контроля

1. В соответствии с зонной теорией твердые тела относятся к полупроводникам, если:

- 1) последняя зона, в которой есть электроны, заполнена частично
- 2) валентная зона заполнена электронами полностью, но она перекрывается со следующей разрешенной зоной, не занятой электронами
- 3) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны широкой ($> 5-6$ эВ) запрещенной зоной
- 4) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны широкой ($> 2-3$ эВ) запрещенной зоной
- 5) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны узкой ($< 2-3$ эВ) запрещенной зоной

2. Эффективные массы носителей заряда можно определить из экспериментов по:

- 1) циклотронному резонансу
- 2) температурной зависимости электропроводности
- 3) температурной зависимости подвижности
- 4) эффекту Холла
- 5) термомагнитным явлениям.

3. **Область значений волнового вектора k , в пределах которой энергия $E(k)$ электрона испытывает полный цикл своего изменения, называют:**

- 1) зоной Бриллюэна
- 2) запрещенной зоной
- 3) валентной зоной
- 4) зоной проводимости
- 5) энергетической щелью.

4. **Согласно приближению сильно связанных электронов, причиной расщепления атомных уровней в энергетические зоны при сближении атомов является:**

- 1) дифракция валентных электронов на границах зон Бриллюэна
- 2) перекрытие атомных волновых функций
- 3) эффективное электрон-фонон-электронное взаимодействие, приводящее к образованию связанных электронных пар
- 4) рассеяние электронов на фононах и дефектах кристаллической решетки
- 5) принцип запрета Паули.

5. **Знание компонент m_{ij}^* тензора эффективной массы позволяет описать движение электрона в кристалле как движение свободной частицы с массой m_{ij}^* :**

- 1) только во внешних электрических полях
- 2) только во внешних магнитных полях
- 3) в одном только электрическом поле решетки
- 4) во внешних электрических и магнитных полях
- 5) во внешних полях при одновременном действии периодического поля решетки

6. **Какое из следующих утверждений верно:**

- А) вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем больше концентрация свободных носителей заряда.
- В) вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем ниже температура (при данной концентрации) и чем меньше эффективная масса носителей заряда.
- 1) верно только А
 - 2) верно только В
 - 3) верны оба утверждения
 - 4) оба утверждения неверны.

7. **Концентрация электронов и дырок в собственном полупроводнике:**

- 1) зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 2) не зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 3) зависит от положения уровня Ферми и уменьшается с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 4) не зависит от положения уровня Ферми и уменьшается с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 5) не зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по линейному закону

8. **Удельное сопротивление монокристалла кремния p -типа при комнатной температуре (300 К) составляет $9 \cdot 10^{-4}$ Ом.м. Определите коэффициент Холла, если подвижность дырок $0,04$ м²/(В.с).**

- 1) $3,6 \cdot 10^{-6}$ м³/Кл
- 2) $2,6 \cdot 10^{-8}$ м³/Кл
- 3) $3,4 \cdot 10^{-4}$ м³/Кл

- 4) $4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{Кл}$ 5) $7,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{Кл}$

9. Явление, заключающееся в возникновении в полупроводнике при приложении сильного постоянного электрического поля колебаний тока с частотой порядка 10^{10} Гц, называют:

- 1) эффектом Холла 2) фотоэлектрическим эффектом 3) эффектом Ганна 4) эффектом Пельтье 5) циклотронным резонансом

10. Дырочный полупроводник невырожден, если:

- 1) уровень Ферми лежит в валентной зоне ниже потолка валентной зоны на 5 кТ
2) уровень Ферми расположен в зоне проводимости выше дна зоны проводимости по крайней мере на 5 кТ
3) уровень Ферми лежит в запрещенной зоне ниже дна зоны проводимости не менее чем на кТ
4) уровень Ферми лежит в запрещенной зоне выше потолка валентной зоны не менее чем на кТ
5) уровень Ферми лежит в середине запрещенной зоны.

11. Основным методом измерения концентрации носителей и определении их знака в случае примесной проводимости является:

- 1) эффект Холла 2) измерение термоэдс 3) измерения проводимости и подвижности носителей 4) измерения температурной зависимости примесной проводимости 5) измерения красной границы фотопроводимости

12. Какое из следующих утверждений верно:

- А. вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем больше концентрация свободных носителей заряда.
В. вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем ниже температура (при данной концентрации) и чем меньше эффективная масса носителей заряда.

- 1) Верны оба утверждения 2) Оба утверждения неверны
3) Верно только А 4) Верно только В

13. Подвижность дырок в монокристалле кремния при комнатной температуре (300 К) равна $0,04 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. Коэффициент диффузии дырок при этой температуре:

- 1) $41,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$ 2) $4,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$ 3) $10,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$ 4) $10,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$
5) $41,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$

14. Рекомбинацией называется любой процесс, приводящий к переходу электрона:

- 1) в зону проводимости
2) из зоны проводимости в состояние, локализованное вблизи примеси или дефекта
3) с примесного уровня в незанятое электронами состояние в валентной зоне
4) на более высокие уровни энергии (в зону проводимости или запрещенную зону)
5) из зоны проводимости в валентную зону с заполнением какого-либо дырочного состояния, в результате чего происходит исчезновение электрона и дырки

15. Эффектом поля называют:

- 1) явление разогрева электронно-дырочного газа в сильных электрических полях
- 2) явление ударной ионизации в сильном электрическом поле, в результате чего возникают электронно-дырочные пары.
- 3) явление наклона энергетических зон у полупроводника, находящегося во внешнем электрическом поле
- 4) явление увеличения концентрации свободных носителей заряда вследствие уменьшения энергии ионизации атомов донорной примеси в сильном электрическом поле
- 5) явление изменения проводимости полупроводника под действием электрического поля, нормального к его поверхности.

16. Вычислить диффузионную длину электронов в невырожденном Ge при 300 K, если время жизни электронов составляет $\tau_n=10^{-4}$ с, $\mu_n=3800$ см²/Вс. ($k_0 = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К).

- 1) 0,2 см
- 2) 0,01 см
- 3) 0,02 см
- 4) 0,2 см
- 5) 0,1 см

17. При изготовлении выпрямителя было использовано последовательное соединение двух разнотипных диодов из Si. Диод 1 был более высоковольтным, чем диод 2. Если прямые токи близки к предельно допустимым, то будет сильнее нагреваться:

- 1) диод 1
- 2) диод 2
- 3) нагреваться будут одинаково

18. Если p- область легирована значительно сильнее, чем n- область, то в какой области будет шире обедненный слой?

- 1) p- области
- 2) n-области
- 3) ширина слоя будет в обеих областях одинаковая

19. Если осветить p-n- переход диода, то на его контактах возникнет разность потенциалов. Полярность p-n- перехода:

- 1) + на p
- 2) – на p
- 3) + на n
- 4) – на n

20. В диоде с p-n- переходом увеличили степень легирования одной из областей. Величина емкости перехода (при нулевом смещении):

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

21. Режимы работы транзистора и их отличия:

- 1) активный и пассивный. Отличаются величиной тока базы
- 2) активный, насыщения, отсечки, инверсный. Отличаются величиной тока коллектора.
- 3) инверсный, насыщения, отсечки, активный. Отличаются полярностью напряжений на p-n-переходах.

22. Для увеличения быстродействия МДП-транзистора необходимо:

- 1) уменьшать длину канала
- 2) применить подзатворный диэлектрик с меньшей диэлектрической проницаемостью
- 3) увеличить толщину подзатворного диэлектрика.

23. Для увеличения чувствительности фототранзистора следует:

- 1) увеличить толщину базы и время жизни носителей в базе
- 2) уменьшить толщину базы и время жизни носителей в базе
- 3) увеличить толщину базы и уменьшить время жизни носителей в базе

24. Как зависит коэффициент передачи тока β от тока эмиттера I_3 и напряжения на коллекторе $U_{кз}$.

- 1) в области больших токов β увеличивается с увеличением I_3 и уменьшается с уменьшением $U_{кз}$.
- 2) в области малых токов β уменьшается при снижении I_3 , а также при увеличении $U_{кз}$.
- 3) в области больших токов β уменьшается с уменьшением I_3 и увеличивается с увеличением $U_{кз}$.

25. В p-n-переходе собственная концентрация примесей $n_i = 2 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$; диэлектрическая проницаемость полупроводника $\epsilon = 12$ о.е. и температура окружающей среды $T = 300 \text{ К}$.

проводимость электронов и дырок в n и p областях полупроводникового материала $\sigma_n = 8 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$; $\sigma_p = 2,4 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$;

подвижность $\mu_n = 1400 \text{ см}^2 / \text{В} \cdot \text{с}$; $\mu_p = 500 \text{ см}^2 / \text{В} \cdot \text{с}$.

Рассчитать, используя MathCad:

- контактную разность потенциалов;
- ширину p-n-перехода;
- максимальную величину напряженности контактного поля E ;
- как изменится высота потенциального барьера, если к переходу приложить внешнее напряжение $+0,5 \text{ В}$; $-0,5 \text{ В}$.

Список контрольных вопросов по дисциплине.

1. Понятие о подвижности носителей.
2. Электропроводность полупроводника.
3. Явления инжекции, эксклюзии, экстракции и аккумуляции носителей заряда и в чем их причина.
4. Процессы, протекающие при локальном введении в полупроводник неравновесных неосновных носителей.
5. Процессы, протекающие при локальном введении в полупроводник неравновесных основных носителей.
6. Механизмы переноса тока в полупроводниках. Параметры дрейфового и диффузионного тока.
7. Электронно-дырочный (p-n) переход. классификация p-n-переходов. Энергетическая диаграмма.

8. Распределение пространственного заряда, потенциала, поля и концентрации носителей заряда в р-п-переходе.
9. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов. Прямое и обратное включение р-п-перехода. ВАХ
10. Выпрямляющие переходы на основе контакта металл-полупроводник. Энергетическая диаграмма при различном соотношении работ выхода и типа электропроводности полупроводника. ВАХ барьера Шоттки.
11. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты сверхинжекции в гетеропереходах.
12. Структура и основные элементы полупроводникового диода.
13. ВАХ диода с учетом падения напряжения на сопротивлении базы, генерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе.
14. Лавинный, туннельный и тепловой пробой диодов.
15. Классификация полупроводниковых диодов. Их конструктивно-технологические особенности, электрические свойства.
16. Диоды различного назначения - туннельные диоды, стабилитроны и стабисторы, диоды Шоттки, варикапы: принцип действия, свойства, применение.
17. Структура, принцип действия, режимы, схемы включения биполярного транзистора. Энергетическая диаграмма при нормальном включении.
18. Классификация транзисторов по мощности и по частоте. Конструктивно-технологические особенности мощных транзисторов.
19. Коэффициенты передачи токов эмиттера и базы. Статические характеристики.
20. Входные и выходные характеристики, характеристики передачи транзистора в схеме с общей базой и общим эмиттером. Эффект Эрли. Влияние температуры на статические характеристики.
21. Структура и принцип действия диодного и триодного тиристора. Вольт-амперная характеристика. Условие переключения. Способы управления тиристорами.
22. Структура, принцип действия и схемы включения МДП-транзистора.
23. Транзисторы с индуцированным и со встроенным каналом. Статические выходные характеристики. Уравнения ВАХ для крутой и пологой частей характеристик. Характеристики передачи.
24. Конструктивно-технологические разновидности транзисторов. Эффекты короткого канала в МДП-транзисторах. Зависимость порогового напряжения от длины канала и напряжения на стоке.
25. Структура и принцип действия полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом. Статические выходные характеристики и характеристики передачи.
26. Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шоттки (ПТШ). Принцип действия при работе в режимах обогащения и обеднения канала. Статические характеристики.
27. Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочные излучатели, инжекционные лазеры: принцип действия и основные свойства.
28. Фоторезисторы, фотодиоды, полупроводниковые фотоэлементы, фототранзисторы, фототиристоры: принцип действия, конструкция, основные характеристики и параметры.
29. Полупроводниковые резисторы (термисторы, позисторы, варисторы): принцип действия и основные свойства.
30. Основные положения и понятия теории надежности. Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. Показатели надежности.

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 – 50 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий – 25 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 10 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

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

а) основная литература:

1. Лебедев А.А. Физика полупроводниковых приборов. ФИЗМАТЛИТ, 2008 г. - 488 с. –(31 экз.).
2. Глазачев А.В. Петрович В.П. Физические основы электроники. Учебное пособие. Томск: Изд. ТПУ. 2000. – 152 с. . <http://knigi.dissers.ru>
3. Легостаев, Н.С. Твердотельная электроника : учебное пособие / Н.С. Легостаев, К.В. Четвергов. - Томск : Эль Контент, 2011. - 244 с. - ISBN 978-5-4332-0021-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208951> (10.10.2018).
4. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: Учеб. пособие - 3-е изд., доп. Москва: Техносфера, 2008. – 512 с. ...

б) дополнительная литература:

1. Аристов А.В. Физические основы электроники. Сборник задач и примеры их решения [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А.В. Аристов, В.П. Петрович. — Электрон.текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2015. — 100 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55211.html>
2. Бурбаева Н.В., Днепровская Т.С. Сборник задач по полупроводниковой электронике. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
3. Кирьянов Д. В. Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 432 с.: ил. + Видеокурс
4. Алехин В.А. Электротехника и электроника: Лабораторный практикум с использованием Миниатюрной электротехнической лаборатории МЭЛ, компьютерного моделирования, Mathcad и LabVIEW/ ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики» - М., 2013. – 224 с.
5. Менжевицкий В.С. Графическое отображение данных с использованием пакета Origin. Учебно-методическое пособие. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2013. – 56 с.

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

1. ЭБСIPRbooks:<http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru.
3. Электронной библиотека на <http://elibrary.ru>.
4. 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>.
5. 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/>
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru>.
7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
8. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
9. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
10. **Springer.** <http://link.springer.com>, <http://materials.springer.com/>
11. **Scopus:** <https://www.scopus.com>
12. **WebofScience:** [webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com)
13. www.nanotech.ru

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 удается

	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. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

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 экспериментальной 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.