

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ИНЖЕНЕРНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы Директор инженерно-технического института

_____/ А.В.Евлоев
от « 06 » _____ марта 2025 г.

_____/ М.Т. Агиева
от « 14 » _____ марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ФТД.В.01 Физические основы электроники

Направление подготовки (Бакалавриат)
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (Профиль подготовки)
«Электротехника электрооборудование»

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная, заочная

Магас, 2025г

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины «Физические основы электроники» является изучение студентами физических эффектов и процессов лежащих в основе принципов действия полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов.

Задачи изучения дисциплины являются:

- усвоение студентами основных принципов физических основ полупроводниковой электроники с учетом использования перспективных полупроводниковых материалов;
- изучение физических процессов образования свободных носителей заряда в полупроводниках;
- изучение физических процессов, происходящих на границе двух полупроводников, на границе металл-полупроводник и на границе диэлектрик-полупроводник.
- изучение электрических параметров и характеристик электрических контактов и структур полупроводниковой и электровакуумной электроники.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физические основы электроники» является факультативной дисциплиной ОПОП бакалавриата.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения			

УК-1.	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применяя системный подход для решения поставленных задач	<p>УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие</p> <p>УК-1.2. Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи</p> <p>УК-1.3. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки</p>	<p>Знать: формулировку задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения</p> <p>Уметь: обосновывать формулировку в рамках поставленной цели проекта совокупность задач, обеспечивающих ее достижение</p> <p>Владеть: способностью формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность задач, обеспечивающих ее достижение</p>
ОПК-3.	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	<p>ОПК-3.1. Использует основные законы естественнонаучных дисциплин, методы алгебры и математического анализа, дифференциального и интегрального исчисления, численных методов; физические явления и законы механики, термодинамики, электричества, магнетизма, оптики.</p> <p>ОПК-3.2. Выполняет анализ и моделирование, теоретические и экспериментальные исследования при решении профессиональных задач с использованием физико-математического аппарата.</p> <p>ОПК-3.3. Применяет методы выявления проблем в электроэнергетической отрасли с использованием навыков аналитического и экспериментального исследования основных</p>	<p>Знать: -основные понятия и методы фундаментальных разделов математики, необходимые в профессиональной деятельности; -основные законы естественнонаучных дисциплин для решения стандартных задач в области профессиональной деятельности; -принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.</p> <p>Уметь: -использовать математические методы для решения прикладных задач; -читать научную литературу по своей специальности, использующую математический аппарат; -применять основные законы естественнонаучных дисциплин для решения стандартных задач в области профессиональной деятельности; -решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-</p>

		физических законов и технологических процессов.	коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности Владеть: математико-статистическими методами обработки экспериментальных данных; -навыками использования основных законов естественно-научных дисциплин для решения стандартных задач в области профессиональной деятельности; -навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций, и библиографии по научно-исследовательской работе с учетом требований информационной безопасности
--	--	---	---

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

	Всего
Общая трудоемкость дисциплины всего (в з.е.), в том числе:	72 (2 з.е.)
Аудиторные занятия всего (в акад. часах), в том числе:	32
Лекции	32
Практические занятия, семинары	-
Лабораторные работы	-
Самостоятельная работа всего (в акад. часах), в том числе:	40
Вид итоговой аттестации:	-
Зачет/дифф.зачет	Зачет 2 сем
Экзамен	-

4 Содержание дисциплины

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.
1	Введение в физику полупроводников	4
2	Концентрация носителей заряда в полупроводниках Кинетика носителей заряда в полупроводниках	4

3	Термоэлектрические и гальваномагнитные явления в полупроводниках	4
4	Фотоэлектрические явления в полупроводниках	4
5	Физические процессы в идеализированном гомогенном р-п-переходе	4
6	Отличия реальных р-п- переходов от идеализированного	4
7	Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами	4
8	Физические основы электровакуумных и газоразрядных приборов Заключение	4
Итого		32

4.2 Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение	Смысл термина «электроника». Области электроники. Цели и задачи дисциплины. Краткий исторический очерк развития электронных приборов.
2	Введение в физику полупроводников	Энергетический спектр свободного электрона в классической и квантовой физике. Энергетический спектр атомов и молекул. Энергетический спектр электронов в кристалле. Зона проводимости, валентная зона, зона запрещенных значений энергии. Число состояний в зонах. Эффективная масса носителей заряда. Поведение электронов в полностью заполненной зоне. Дырки в полупроводниках. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории.

3	Концентрация носителей заряда в полупроводниках	<p>Плотность квантовых состояний в зонах. Вероятность заполнения энергетических уровней в зонах. Функции Ферми-Дирака и Максвелла-Больцмана. Уровень Ферми. Концентрация носителей заряда и энергетическая диаграмма собственного полупроводника. Электроны и дырки. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках. Условие электрической нейтральности. Закон действующих масс в невырожденных полупроводниках. Концентрация носителей заряда в невырожденных полупроводниках. Зависимость концентрации носителей заряда и уровня Ферми от концентрации примесей и температуры.</p>
		<p>Вырожденные полупроводники. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках. Неравновесные носители заряда. Механизмы рекомбинации. Межзонная рекомбинация и рекомбинация через глубокие уровни. Излучательная рекомбинация. Оже-рекомбинация. Поверхностная рекомбинация. Время жизни неравновесных носителей заряда.</p>
4	Кинетика носителей заряда в полупроводниках	<p>Движение носителей заряда в электрическом поле. Дрейфовая скорость и подвижность носителей заряда. Плотность дрейфового тока. Удельная проводимость. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Зависимость подвижности от типа носителей заряда, температуры и материала. Диффузионное движение носителей заряда в полупроводниках. Плотность диффузионного тока. Связь коэффициента диффузии и подвижности. Выражение для полного тока носителей заряда в полупроводниках. Поведение полупроводников в сильных электрических полях. Насыщение дрейфовой скорости. Эффект Ганна. Ударная ионизация в полупроводниках. Туннельные явления в полупроводниках.</p>
5	Термоэлектрические и гальваномангнитные явления в полупроводниках Фотоэлектрические явления в полупроводниках	<p>Эффекты Зеебека, Пелтье и Томсона. Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Активное и неактивное поглощение света в полупроводниках. Закон Бугера-Ламберта. Спектры поглощения света в полупроводниках. Фотопроводимость. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках.</p>

6	Физические процессы в идеализированном гомогенном р-п-переходе	<p>Электронно-дырочный переход в состоянии термодинамического равновесия. Высота потенциального барьера р-п-перехода и ширина области объемного заряда. Их зависимость от концентрации легирующих примесей и температуры.</p> <p>Изменение параметров р-п-перехода при приложении внешнего напряжения. Инжекция и экстракция носителей заряда в р-п-переходах.</p> <p>Вольтамперная характеристика (ВАХ) идеализированного р-п-перехода. Температурная зависимость тока идеализированного р-п-перехода.</p> <p>Переходные процессы в р-п-переходах при включении, выключении и переключении с прямого направления на обратное. Р-п-переход на переменном напряжении. Дифференциальное сопротивление на низкой частоте. Барьерная и диффузионная емкости. Эквивалентная схема р-п-перехода на переменном напряжении низкой</p>
		<p>частоты. Гетеропереходы. Энергетическая диаграмма. Контакт металла с полупроводником. Диод Шоттки. Омический контакт.</p>
7	Отличия реальных р-п-переходов от идеализированного	<p>Влияние генерационно-рекомбинационных процессов в области объемного заряда на ВАХ р-п-перехода. Влияние ширины базовых областей и омических контактов. Влияние высокого уровня инжекции в базовых областях. Компоненты обратного тока реальных р-п-переходов.</p> <p>Виды пробоя р-п-перехода и их отличительные признаки. Лавинный пробой и умножение носителей заряда в р-п-переходах. Микроплазменный пробой реальных р-п-переходов</p>

8	<p>Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами. Физические основы электровакуумных и газоразрядных приборов</p>	<p>Взаимодействующие переходы – основа биполярного транзистора. Схемы включения биполярного транзистора. Физические процессы в транзисторе в схеме с общей базой. Коэффициент инжекции, коэффициент переноса, коэффициент усиления по току. Зависимость коэффициента усиления по току от напряжения и тока. Виды эмиссии из твердых тел: термоэлектронная, электростатическая, фотоэлектронная. Управление потоком электронов в вакуумных лампах. Управление положением электронного луча в электронно-лучевых приборах. Физические процессы в газоразрядных приборах. Перспективы миниатюризации и быстродействия электронных приборов. Нанoeлектроника. Оптоэлектроника и криoeлектроника</p>
---	---	---

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При подготовке бакалавров-биологов используются следующие основные формы проведения учебных занятий:

- интерактивные лекции;
- лекции-пресс-конференции;
- тренинги и семинары по развитию профессиональных навыков;
- групповые, научные дискуссии, дебаты.

При осуществлении образовательного процесса применяются информационные технологии, необходимые для подготовки презентационных материалов и материалов к занятиям (компьютеры с программным обеспечением для создания и показа презентаций, с доступом в сеть «Интернет», поисковые системы и справочные, профессиональные ресурсы в сети «Интернет»).

В вузе оборудованы помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза.

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

6.1 Подготовка рефератов + презентации

Самостоятельная работа включает подготовку к лекциям, тестам и лабораторным работам, выполнение расчетного задания, оформление отчетов о лабораторных работах, подготовку к зачету и экзамену.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Вероятность заполнения энергетических уровней
2. Концентрация носителей заряда в невырожденных полупроводниках
3. Время жизни неравновесных носителей заряда
4. Удельная проводимость
5. полупроводников
6. Токи в полупроводниках
7. Поглощения света в полупроводниках
8. Высота потенциального барьера р-п-перехода и ширина области объемного заряда.
9. Вольтамперная характеристика
10. идеального диода
11. Барьерная и диффузионная емкости
12. Определение ширины запрещенной зоны полупроводников.
13. Определение диффузионной длины неосновных носителей заряда методом подвижного светового зонда
14. Определение концентрации основных носителей заряда и подвижности с помощью эффекта Холла
15. Измерение времени жизни неосновных носителей заряда методом Лэкса
16. Изучение оптического поглощения в полупроводниках
17. Емкостные свойства р-п-перехода
18. Защиты предохранителями.
19. Токовые ступенчатые защиты.
20. Дифференциальные защиты.
21. Дистанционные защиты.
22. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах.
23. Исследование параметров срабатывания защит, устанавливаемых на электродвигателях.
24. Защиты, устанавливаемые на генераторах. Выбор параметров срабатывания защит, устанавливаемых на генераторах
25. Согласование защит, устанавливаемых на отдельных объектах в электроэнергетических системах. Проверка согласования с помощью карты селективности.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

1. Шпиганович, А. Н. Физические основы электроники : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов специальности 140610 «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» / А. Н. Шпиганович, И. Г. Шилов. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 43 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/22964.html>
2. Шпиганович, А. Н. Физические основы электроники : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов специальности 140610 «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий,

организаций и учреждений» / А. Н. Шпиганович, И. Г. Шилов. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 43 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/22964.html>

3. Власов, В. П. Физические основы электроники : учебное пособие / В. П. Власов, В. Н. Каравашкина. — Москва : Московский технический университет связи и информатики, 2016. — 67 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/61571.html>

4. Физические основы электроники : методическое пособие для проведения лабораторных работ / составители О. Г. Щербань, В. Л. Львов. — Ростов-на-Дону : Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, 2012. — 46 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/61881.html>

7. Оценочные средства.

Аттестационные вопросы

1. Смысл термина «электроника».
2. Области электроники. Цели и задачи дисциплины.
3. Краткий исторический очерк развития электронных приборов.
4. Энергетический спектр свободного электрона в классической и квантовой физике. Энергетический спектр атомов и молекул.
5. Энергетический спектр электронов в кристалле.
6. Зона проводимости, валентная зона, зона запрещенных значений энергии. Число состояний в зонах.
7. Эффективная масса носителей заряда.
8. Поведение электронов в полностью заполненной зоне. Дырки в полупроводниках. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории.
9. Плотность квантовых состояний в зонах.
10. Вероятность заполнения энергетических уровней в зонах.
11. Функции Ферми-Дирака и Максвелла-Больцмана. Уровень Ферми.
12. Концентрация носителей заряда и энергетическая диаграмма собственного полупроводника.

13. Электроны и дырки.

1. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.
2. Условие электрической нейтральности. Закон действующих масс в невырожденных полупроводниках.
1. Концентрация носителей заряда в невырожденных полупроводниках.
2. Зависимость концентрации носителей заряда и уровня Ферми от концентрации примесей и температуры. Вырожденные полупроводники.
3. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках. Неравновесные носители заряда. Механизмы рекомбинации. Межзонная рекомбинация и рекомбинация через глубокие уровни. Излучательная рекомбинация. Оже-рекомбинация.
4. Поверхностная рекомбинация.
5. Время жизни неравновесных носителей заряда.

6. Движение носителей заряда в электрическом поле. Дрейфовая скорость и подвижность носителей заряда.
7. Плотность дрейфового тока. Удельная проводимость.
8. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Зависимость подвижности от типа носителей заряда, температуры и материала.
9. Диффузионное движение носителей заряда в полупроводниках. Плотность диффузионного тока.
10. Связь коэффициента диффузии и подвижности.
11. Выражение для полного тока носителей заряда в полупроводниках.
12. Поведение полупроводников в сильных электрических полях.
13. Насыщение дрейфовой скорости. Эффект Ганна.
1. Их зависимость от концентрации легирующих примесей и температуры.
2. Изменение параметров р-п-перехода при приложении внешнего напряжения.

Вопросы к экзамену

1. Основы электроники. Полупроводниковые приборы.
2. Смысл термина «электроника».
3. Области электроники. Цели и задачи дисциплины.
4. Краткий исторический очерк развития электронных приборов.
5. Энергетический спектр свободного электрона в классической и квантовой физике. Энергетический спектр атомов и молекул.
6. Энергетический спектр электронов в кристалле.
7. Зона проводимости, валентная зона, зона запрещенных значений энергии. Число состояний в зонах.
8. Эффективная масса носителей заряда.
9. Поведение электронов в полностью заполненной зоне. Дырки в полупроводниках. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории.
10. Плотность квантовых состояний в зонах.
11. Вероятность заполнения энергетических уровней в зонах.
12. Функции Ферми-Дирака и Максвелла-Больцмана. Уровень Ферми.
13. Концентрация носителей заряда и энергетическая диаграмма собственного полупроводника.
14. Электроны и дырки.
15. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.
16. Условие электрической нейтральности. Закон действующих масс в невырожденных полупроводниках.
17. Концентрация носителей заряда в невырожденных полупроводниках.
18. Зависимость концентрации носителей заряда и уровня Ферми от концентрации примесей и температуры. Вырожденные полупроводники.
19. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках. Неравновесные носители заряда. Механизмы рекомбинации. Межзонная рекомбинация и рекомбинация через глубокие уровни. Излучательная рекомбинация. Оже-рекомбинация.

20. Поверхностная рекомбинация.
21. Время жизни неравновесных носителей заряда.
22. Движение носителей заряда в электрическом поле. Дрейфовая скорость и подвижность носителей заряда.
23. Плотность дрейфового тока. Удельная проводимость.
24. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Зависимость подвижности от типа носителей заряда, температуры и материала.
25. Диффузионное движение носителей заряда в полупроводниках. Плотность диффузионного тока.
26. Связь коэффициента диффузии и подвижности.
27. Выражение для полного тока носителей заряда в полупроводниках.
28. Поведение полупроводников в сильных электрических полях.
29. Насыщение дрейфовой скорости. Эффект Ганна.
30. Ударная ионизация в полупроводниках. Туннельные явления в полупроводниках.
31. Эффекты Зеебека, Пелтье и Томсона. Эффект Холла.
32. Магниторезистивный эффект.
33. Активное и неактивное поглощение света в полупроводниках.
34. Закон Бугера-Ламберта.
35. Спектры поглощения света в полупроводниках.
36. Фотопроводимость.
37. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках.
38. Электронно-дырочный переход в состоянии термодинамического равновесия.
39. Высота потенциального барьера р-п-перехода и ширина области объемного заряда.
40. Их зависимость от концентрации легирующих примесей и температуры.
41. Изменение параметров р-п-перехода при приложении внешнего напряжения. Инжекция и экстракция носителей заряда в р-п-переходах.
42. Вольтамперная характеристика (ВАХ) идеализированного р-п-перехода. Температурная зависимость тока идеализированного р-п-перехода.
43. Переходные процессы в р-п-переходах при включении, выключении и переключении с прямого направления на обратное. Р-п-переход на переменном напряжении.
44. Дифференциальное сопротивление на низкой частоте. Барьерная и диффузионная емкости.

(образец билета к экзамену)

Билет №1

Дисциплина_____ ИЭ_направление_семестр_

1. Поверхностная рекомбинация
2. Эффекты Зеебека, Пелтье и Томсона. Эффект Холла.
3. Энергетический спектр электронов в кристалле

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины а)

Основная литература:

1. Валухов, Д. П. Физические основы электроники : учебное пособие / Д. П. Валухов, Р. В. Пигулев. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2014.
— 135 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63253.html>
2. Физические основы электроники и электротехники : учебное пособие / А. Н. Ларионов, Ю. И. Кураков, В. С. Воищев [и др.]. — Воронеж : Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. —
434 с. — ISBN 978-5-7267-0802-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/72782.html>
3. Бялик, А. Д. Физические основы электроники. Транзисторы. Гальваномагнитные и термоэлектрические приборы. Оптоэлектронные приборы : учебное пособие / А. Д. Бялик, А. В. Каменская. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 92 с. — ISBN 978-5-7782-3223-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91477.html>
4. Толмачёв, В. В. Физические основы электроники / В. В. Толмачёв, Ф. В. Скрипник.
— 2-е изд. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 496 с. — ISBN 978-5-4344-0753-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92021.html>
5. Толмачёв, В. В. Физические основы электроники / В. В. Толмачёв, Ф. В. Скрипник.
— 2-е изд. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 496 с. — ISBN 978-5-4344-0753-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/97376.html>

б) Дополнительная литература:

1. Зебрев Г.И. Физические основы кремниевой наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Зебрев Г.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 241 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4585.html>
2. Давыдов В.Н. Физические основы оптоэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Давыдов В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010.— 139 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13872.html>
3. Барыбин А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Барыбин А.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.— 424 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12972.html>
4. Дорогой, С. В. Физические основы электроники. Контакты металл-полупроводник : учебно-методическое пособие / С. В. Дорогой. — Новосибирск :

Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 50 с. — ISBN 978-5-7782-3994-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/98757.html>

5. Белов, Н. П. Физические основы квантовой электроники / Н. П. Белов, А. С. Шерстобитова, А. Д. Яськов. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2014. — 65 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/65346.html>

в) Интернет-ресурсы:

1. <http://www.kodges.ru/nauka/182219-vvedenie-v-specialnost-yelektroyenergetika.html>
2. <http://www.twirpx.com/file/1050374/>
3. http://fondknig.com/books/apparatura/electotech/232026-vvedenie_v_specialnost_jelektrojenergetika.html

Наряду с традиционными изданиями студенты и сотрудники имеют возможность пользоваться электронными полнотекстовыми базами данных:

Таблица 7.1.

№ п/п	Вид электронного образовательного ресурса, электронного информационного ресурса	Наименование электронного образовательного ресурса, электронного информационного ресурса
1	2	3
1.	Вид электронного образовательного ресурса (электронный курс, электронный тренажер или симулятор, интерактивный учебник, мультимедийный ресурс, учебные видеоресурсы и другое)	<p>Электронная библиотека онлайн «Единое окно образовательным ресурсам» http://window.edu.ru «Образовательный ресурс России» http://school-collection.edu.ru Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА http://fcior.edu.ru Русская виртуальная библиотека http://rvb.ru Кабинет русского языка и литературы http://ruslit.ioso.ru Национальный корпус русского языка http://ruscorpora.ru Научная электронная библиотека «e-Library» http://elibrary.ru/defaultx.asp Электронно-библиотечная система IPRbooks http://www.iprbookshop.ru Электронно-библиотечная система ИнГу https://lib.inggu.ru/ Информационно-правовая система «Гарант» Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГу Moodle</p>
2.	Вид электронного информационного ресурса (электронно-библиотечные ресурсы и системы, информационные и справочно-правовые системы и другое)	<p>IPR Smart, (АИБС) «МегаПро» IPR-books-АЙПИАР медиа ООО «Гарант» ООО «Гарант»</p>

7.4. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта с перечнем основного оборудования	Адрес (местоположение) учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта (с указанием площади и номера помещения в соответствии с
--	---	--

образовательной программы		документами бюро технической инвентаризации)
	<p align="center">Каб №314</p> <p>Специализированная учебная мебель для обучающихся и преподавателя; технические средства обучения (компьютерная техника, мультимедийное оборудование: интерактивная доска, проектор); доступ к информационно-телекоммуникационной сети Интернет; учебно-методические материалы.</p>	<p>386132, Республика Ингушетия, г.о. город Назрань, г. Назрань, тер. Гамурзиевский административный округ, ул. Магистральная, д. 39«а» Каб.№ 314, 3 этаж Площадь 204,4 м²</p>
	<p>Для самостоятельной работы обучающихся. Каб № 323: рабочие места для обучающихся, технические средства обучения (ноутбук, доска), доступ к сети Интернет, учебно-методические материалы, электронные образовательные ресурсы.</p>	<p>386132, Республика Ингушетия, г.о. город Назрань, г. Назрань, тер. Гамурзиевский административный округ, ул. Магистральная, д. 39«а» Каб.№ 323, 3 этаж Площадь 48,7 м²</p>

Рабочая программа дисциплины «Физические основы электроники» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «28» февраля 2018 г. №144.

Программу составил:

Евлоев Алихан Вахаевич, старший преподаватель.
(Ф.И.О., должность)

Программа одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетика и электротехника»

Протокол № 7 от «10» марта 2025 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом инженерно – технического института

Протокол № 3/25 от «28» мая 2025 года

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИНЖЕНЕРНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ФТД.В.01 Физические основы электроники**

Направление подготовки (Бакалавриат)
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (Профиль подготовки)
«Электротехника электрооборудование»

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная, заочная

г. Магас, 2025

Лекционные занятия

Таблица

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение	Смысл термина «электроника». Области электроники. Цели и задачи дисциплины. Краткий исторический очерк развития электронных приборов.
2	Введение в физику полупроводников	Энергетический спектр свободного электрона в классической и квантовой физике. Энергетический спектр атомов и молекул. Энергетический спектр электронов в кристалле. Зона проводимости, валентная зона, зона запрещенных значений энергии. Число состояний в зонах. Эффективная масса носителей заряда. Поведение электронов в полностью заполненной зоне. Дырки в полупроводниках. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории.
3	Концентрация носителей заряда в полупроводниках	Плотность квантовых состояний в зонах. Вероятность заполнения энергетических уровней в зонах. Функции Ферми-Дирака и Максвелла-Больцмана. Уровень Ферми. Концентрация носителей заряда и энергетическая диаграмма собственного полупроводника. Электроны и дырки. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках. Условие электрической нейтральности. Закон действующих масс в невырожденных полупроводниках. Концентрация носителей заряда в невырожденных полупроводниках. Зависимость концентрации носителей заряда и уровня Ферми от концентрации примесей и температуры.
		Вырожденные полупроводники. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках. Неравновесные носители заряда. Механизмы рекомбинации. Межзонная рекомбинация и рекомбинация через глубокие уровни. Излучательная рекомбинация. Оже-рекомбинация. Поверхностная рекомбинация. Время жизни неравновесных носителей заряда.

4	Кинетика носителей заряда в полупроводниках	<p>Движение носителей заряда в электрическом поле. Дрейфовая скорость и подвижность носителей заряда. Плотность дрейфового тока. Удельная проводимость. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Зависимость подвижности от типа носителей заряда, температуры и материала.</p> <p>Диффузионное движение носителей заряда в полупроводниках. Плотность диффузионного тока. Связь коэффициента диффузии и подвижности. Выражение для полного тока носителей заряда в полупроводниках.</p> <p>Поведение полупроводников в сильных электрических полях. Насыщение дрейфовой скорости. Эффект Ганна. Ударная ионизация в полупроводниках. Туннельные явления в полупроводниках.</p>
5	Термоэлектрические и гальваномагнитные явления в полупроводниках Фотоэлектрические явления в полупроводниках	<p>Эффекты Зеебека, Пелтье и Томсона. Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Активное и неактивное поглощение света в полупроводниках. Закон Бугера-Ламберта. Спектры поглощения света в полупроводниках.</p> <p>Фотопроводимость. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках.</p>
6	Физические процессы в идеализированном гомогенном p-n-переходе	<p>Электронно-дырочный переход в состоянии термодинамического равновесия. Высота потенциального барьера p-n-перехода и ширина области объемного заряда. Их зависимость от концентрации легирующих примесей и температуры.</p> <p>Изменение параметров p-n-перехода при приложении внешнего напряжения. Инжекция и экстракция носителей заряда в p-n-переходах.</p> <p>Вольтамперная характеристика (ВАХ) идеализированного p-n-перехода. Температурная зависимость тока идеализированного p-n-перехода.</p> <p>Переходные процессы в p-n-переходах при включении, выключении и переключении с прямого направления на обратное. P-n-переход на переменном напряжении. Дифференциальное сопротивление на низкой частоте. Барьерная и диффузионная емкости. Эквивалентная схема p-n-перехода на переменном напряжении низкой частоты. Гетеропереходы. Энергетическая диаграмма. Контакт металла с полупроводником. Диод Шоттки. Омический контакт.</p>

7	Отличия реальных р-n-переходов от идеализированного	Влияние генерационно-рекомбинационных процессов в области объемного заряда на ВАХ р-n-перехода. Влияние ширины базовых областей и омических контактов. Влияние высокого уровня инжекции в базовых областях. Компоненты обратного тока реальных р-n-переходов. Виды пробоя р-n-перехода и их отличительные признаки. Лавинный пробой и умножение носителей заряда в р-n-переходах. Микроплазменный пробой реальных р-n-переходов
8	Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами. Физические основы электровакуумных и газоразрядных приборов	Взаимодействующие переходы – основа биполярного транзистора. Схемы включения биполярного транзистора. Физические процессы в транзисторе в схеме с общей базой. Коэффициент инжекции, коэффициент переноса, коэффициент усиления по току. Зависимость коэффициента усиления по току от напряжения и тока. Виды эмиссии из твердых тел: термоэлектронная, электростатическая, фотоэлектронная. Управление потоком электронов в вакуумных лампах. Управление положением электронного луча в электронно-лучевых приборах. Физические процессы в газоразрядных приборах. Перспективы миниатюризации и быстродействия электронных приборов. Нанoeлектроника. Оптоэлектроника и криoeлектроника

Самостоятельная работа студентов по дисциплине

Подготовка рефератов + презентации

Самостоятельная работа включает подготовку к лекциям, тестам и лабораторным работам, выполнение расчетного задания, оформление отчетов о лабораторных работах, подготовку к зачету и экзамену.

1. Вероятность заполнения энергетических уровней
2. Концентрация носителей заряда в невырожденных полупроводниках
3. Время жизни неравновесных носителей заряда
4. Удельная проводимость
5. полупроводников
6. Токи в полупроводниках
7. Поглощения света в полупроводниках
8. Высота потенциального барьера р-n-перехода и ширина области объемного заряда.
9. Вольтамперная характеристика
10. идеального диода
11. Барьерная и диффузионная емкости

12. Определение ширины запрещенной зоны полупроводников.
13. Определение диффузионной длины неосновных носителей заряда методом подвижного светового зонда
14. Определение концентрации основных носителей заряда и подвижности с помощью эффекта Холла
15. Измерение времени жизни неосновных носителей заряда методом Лэкса
16. Изучение оптического поглощения в полупроводниках
17. Емкостные свойства р-п-перехода
18. Защиты предохранителями.
19. Токовые ступенчатые защиты.
20. Дифференциальные защиты.
21. Дистанционные защиты.
22. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах.
23. Исследование параметров срабатывания защит, устанавливаемых на электродвигателях.
24. Защиты, устанавливаемые на генераторах. Выбор параметров срабатывания защит, устанавливаемых на генераторах
25. Согласование защит, устанавливаемых на отдельных объектах в электроэнергетических системах. Проверка согласования с помощью карты селективности.

Оценочные средства.

Аттестационные вопросы

1. Смысл термина «электроника».
2. Области электроники. Цели и задачи дисциплины.
3. Краткий исторический очерк развития электронных приборов.
4. Энергетический спектр свободного электрона в классической и квантовой физике. Энергетический спектр атомов и молекул.
5. Энергетический спектр электронов в кристалле.
6. Зона проводимости, валентная зона, зона запрещенных значений энергии. Число состояний в зонах.
7. Эффективная масса носителей заряда.
8. Поведение электронов в полностью заполненной зоне. Дырки в полупроводниках. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории.
9. Плотность квантовых состояний в зонах.
10. Вероятность заполнения энергетических уровней в зонах.
11. Функции Ферми-Дирака и Максвелла-Больцмана. Уровень Ферми.
12. Концентрация носителей заряда и энергетическая диаграмма собственного полупроводника.
13. Электроны и дырки.
3. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.
4. Условие электрической нейтральности. Закон действующих масс в невырожденных полупроводниках.
14. Концентрация носителей заряда в невырожденных полупроводниках.
15. Зависимость концентрации носителей заряда и уровня Ферми от

концентрации примесей и температуры. Вырожденные полупроводники.

16. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках. Неравновесные носители заряда. Механизмы рекомбинации. Межзонная рекомбинация и рекомбинация через глубокие уровни. Излучательная рекомбинация. Оже-рекомбинация.

17. Поверхностная рекомбинация.

18. Время жизни неравновесных носителей заряда.

19. Движение носителей заряда в электрическом поле. Дрейфовая скорость и подвижность носителей заряда.

20. Плотность дрейфового тока. Удельная проводимость.

21. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Зависимость подвижности от типа носителей заряда, температуры и материала.

22. Диффузионное движение носителей заряда в полупроводниках. Плотность диффузионного тока.

23. Связь коэффициента диффузии и подвижности.

24. Выражение для полного тока носителей заряда в полупроводниках.

25. Поведение полупроводников в сильных электрических полях.

26. Насыщение дрейфовой скорости. Эффект Ганна.

3. Их зависимость от концентрации легирующих примесей и температуры.

4. Изменение параметров р-п-перехода при приложении внешнего напряжения.

Вопросы к экзамену

1. Основы электроники. Полупроводниковые приборы.

2. Смысл термина «электроника».

3. Области электроники. Цели и задачи дисциплины.

4. Краткий исторический очерк развития электронных приборов.

5. Энергетический спектр свободного электрона в классической и квантовой физике. Энергетический спектр атомов и молекул.

6. Энергетический спектр электронов в кристалле.

7. Зона проводимости, валентная зона, зона запрещенных значений энергии. Число состояний в зонах.

8. Эффективная масса носителей заряда.

9. Поведение электронов в полностью заполненной зоне. Дырки в полупроводниках. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории.

10. Плотность квантовых состояний в зонах.

11. Вероятность заполнения энергетических уровней в зонах.

12. Функции Ферми-Дирака и Максвелла-Больцмана. Уровень Ферми.

13. Концентрация носителей заряда и энергетическая диаграмма собственного полупроводника.

14. Электроны и дырки.

15. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.

16. Условие электрической нейтральности. Закон действующих масс в невырожденных полупроводниках.

17. Концентрация носителей заряда в невырожденных полупроводниках.
18. Зависимость концентрации носителей заряда и уровня Ферми от концентрации примесей и температуры. Вырожденные полупроводники.
19. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках. Неравновесные носители заряда. Механизмы рекомбинации. Межзонная рекомбинация и рекомбинация через глубокие уровни. Излучательная рекомбинация. Оже-рекомбинация.
20. Поверхностная рекомбинация.
21. Время жизни неравновесных носителей заряда.
22. Движение носителей заряда в электрическом поле. Дрейфовая скорость и подвижность носителей заряда.
23. Плотность дрейфового тока. Удельная проводимость.
24. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Зависимость подвижности от типа носителей заряда, температуры и материала.
25. Диффузионное движение носителей заряда в полупроводниках. Плотность диффузионного тока.
26. Связь коэффициента диффузии и подвижности.
27. Выражение для полного тока носителей заряда в полупроводниках.
28. Поведение полупроводников в сильных электрических полях.
29. Насыщение дрейфовой скорости. Эффект Ганна.
30. Ударная ионизация в полупроводниках. Туннельные явления в полупроводниках.
31. Эффекты Зеебека, Пелтье и Томсона. Эффект Холла.
32. Магниторезистивный эффект.
33. Активное и неактивное поглощение света в полупроводниках.
34. Закон Бугера-Ламберта.
35. Спектры поглощения света в полупроводниках.
36. Фотопроводимость.
37. Фотовольтаические эффекты в полупроводниках.
38. Электронно-дырочный переход в состоянии термодинамического равновесия.
39. Высота потенциального барьера р-п-перехода и ширина области объемного заряда.
40. Их зависимость от концентрации легирующих примесей и температуры.
41. Изменение параметров р-п-перехода при приложении внешнего напряжения. Инжекция и экстракция носителей заряда в р-п-переходах.
42. Вольтамперная характеристика (ВАХ) идеализированного р-п-перехода. Температурная зависимость тока идеализированного р-п-перехода.
43. Переходные процессы в р-п-переходах при включении, выключении и переключении с прямого направления на обратное. Р-п-переход на переменном напряжении.
44. Дифференциальное сопротивление на низкой частоте. Барьерная и диффузионная емкости.

(образец билета к экзамену)

Билет №1

Дисциплина _____ ИЭ_направление_семестр_

4. Поверхностная рекомбинация
5. Эффекты Зеебека, Пелтье и Томсона. Эффект Холла.
6. Энергетический спектр электронов в кристалле