

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Минцаев Магомед Шавалович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 18.11.2024 11:22:26  
Уникальный программный ключ:  
236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
имени академика М.Д. Миллионщикова**



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«Физические основы электроники»**

Направление подготовки

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

Профиль

**«Электропривод и автоматика»**

Квалификация

**Бакалавр**

Год начала подготовки - 2024

Грозный - 2024

## 1. Цели и задачи освоения 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

Данная учебная дисциплина относится к части, формируемая участниками образовательных отношений блока 1 по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (квалификация «бакалавр»).

Предшествующие дисциплины, освоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- ✓ Математика;
- ✓ Введение в специальность;
- ✓ Общая энергетика

Последующие дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей:

- ✓ Физика;
- ✓ Электротехническое и конструкционное материаловедение;
- ✓ Теория электромеханического преобразования энергии.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1

| Код по ФГОС                                                                                                                                                                                        | Индикаторы достижения                                                                                                          | Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Общепрофессиональные</b>                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>ОПК-2</b> Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач | <b>ОПК - 2.2</b> Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. | <b>Знать:</b><br>- физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных электронных приборов;<br>- формулы плотности дрейфового и диффузионного токов в полупроводниках;<br>- физический смысл основных параметров р-п перехода<br><b>Уметь:</b><br>Находить значения электрофизических параметров |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                              |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | полупроводниковых материалов<br>в учебной и справочной<br>литературе для оценки их<br>влияния на параметры структур<br><b>Владеть навыками:</b><br>– навыками самостоятельной<br>работы при решении<br>теоретических и практических<br>задач |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

| Вид учебной работы                                 |                                  | Всего<br>часов/ зач. ед. |                 | Семестры      |                 |
|----------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
|                                                    |                                  |                          |                 | 3             | 3               |
|                                                    |                                  | ОФО                      | ЗФО             | ОФО           | ЗФО             |
| <b>Контактная работа (всего)</b>                   |                                  | <b>51/1,4</b>            | <b>12/0,32</b>  | <b>48/1,3</b> | <b>12/0,32</b>  |
| В том числе:                                       |                                  |                          |                 |               |                 |
| Лекции                                             |                                  | 17/0,4                   | 6/0,16          | 11/0,4        | 6/0,16          |
| Лабораторные работы                                |                                  | 34/0,9                   | 6/0,16          | 34/0,9        | 6/0,16          |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>              |                                  | <b>93/2,5</b>            | <b>132/3,66</b> | <b>93/2,5</b> | <b>132/3,66</b> |
| В том числе:                                       |                                  |                          |                 |               |                 |
| Доклады                                            |                                  | 26/0,72                  | 30/0,83         | 26/0,72       | 30/0,83         |
| Презентации                                        |                                  | 37/1                     | 30/0,83         | 37/1          | 30/0,83         |
| <i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i> |                                  |                          |                 |               |                 |
| Подготовка к лабораторным работам                  |                                  | 15/0,39                  | 32/0,8          | 15/0,39       | 32/0,8          |
| Подготовка к экзамену                              |                                  | 15/0,39                  | 40/1,1          | 15/0,39       | 40/1,1          |
| <b>Вид отчетности</b>                              |                                  | <b>экз</b>               | <b>экз</b>      | <b>экз</b>    | <b>экз</b>      |
| <b>Общая трудоемкость<br/>дисциплины</b>           | <b>ВСЕГО в часах</b>             | <b>144/4</b>             | <b>144/4</b>    | <b>144/4</b>  | <b>144/4</b>    |
|                                                    | <b>ВСЕГО в зач.<br/>единицах</b> | <b>4</b>                 | <b>4</b>        | <b>4</b>      | <b>4</b>        |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1 Содержание разделов дисциплины

Таблица 3

| №<br>п/п     | Наименование раздела<br>дисциплины                                                                   | Лекц. зан.<br>часы |          | Лаб. зан.<br>часы |          | Всего часов |           |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|-------------------|----------|-------------|-----------|
|              |                                                                                                      | ОФО                | ЗФО      | ОФО               | ЗФО      | ОФО         | ЗФО       |
| 1            | Введение в физику<br>полупроводников                                                                 | 3                  | 2        | 4                 | 2        | 7           | 4         |
| 2            | Концентрация носителей<br>заряда в полупроводниках<br>Кинетика носителей заряда в<br>полупроводниках | 2                  |          | 4                 |          | 6           |           |
| 3            | Термоэлектрические и<br>гальваномагнитные явления в<br>полупроводниках                               | 2                  |          | 4                 |          | 6           |           |
| 4            | Фотоэлектрические явления<br>в полупроводниках                                                       | 2                  |          | 4                 |          | 6           |           |
| 5            | Физические процессы в<br>идеализированном<br>гомогенном р-п-переходе                                 | 2                  | 2        | 4                 | 2        | 6           | 4         |
| 6            | Отличия реальных р-п-<br>переходов от<br>идеализированного                                           | 2                  |          | 4                 |          | 6           |           |
| 7            | Физические процессы в<br>структуре с двумя<br>взаимодействующими<br>переходами                       | 2                  | 2        | 4                 | 2        | 6           | 4         |
| 8            | Физические основы<br>электровакуумных<br>и газоразрядных приборов<br>Заключение                      | 2                  |          | 6                 |          | 8           |           |
| <b>Итого</b> |                                                                                                      | <b>17</b>          | <b>6</b> | <b>34</b>         | <b>6</b> | <b>51</b>   | <b>12</b> |

Таблица 4

| №<br>п/п | Наименование раздела<br>дисциплины                 | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Введение                                           | Смысл термина «электроника». Области электроники. Цели и задачи дисциплины. Краткий исторический очерк развития электронных приборов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2        | Введение в физику<br>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<br>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<br>в полупроводниках     | 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.                                                                                                                                                                                                                                           |

|   |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | Термоэлектрические и гальваномагнитные явления в полупроводниках. Фотоэлектрические явления в полупроводниках                      | 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6 | Физические процессы в идеализированном гомогенном р-п-переходе                                                                     | 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. Изменение параметров р-п-перехода при приложении внешнего напряжения. Инжекция и экстракция носителей заряда в р-п-переходах. Вольтамперная характеристика (ВАХ) идеализированного р-п-перехода. Температурная зависимость тока идеализированного р-п-перехода. 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 частоты. Гетеропереходы. Энергетическая диаграмма. Контакт металла с полупроводником. Диод Шоттки. Омический контакт. |
| 7 | Отличия реальных р-п-переходов от идеализированного                                                                                | 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. 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 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                                                                                                                                                                                                                                |

### 5.3 Лабораторные занятия

Таблица 5

| №<br>п/п | Наименование раздела<br>дисциплины                                                                                                             | Наименование лабораторных работ                                                                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | Введение                                                                                                                                       | Защиты предохранителями                                                                                                                                  |
| 2.       | Введение в физику<br>полупроводников                                                                                                           | Токовые ступенчатые защиты                                                                                                                               |
| 3.       | Концентрация носителей заряда в<br>полупроводниках                                                                                             | Дифференциальные защиты                                                                                                                                  |
| 4.       | Кинетика носителей заряда в<br>полупроводниках                                                                                                 | Дистанционные защиты                                                                                                                                     |
| 5.       | Термоэлектрические и<br>гальваномагнитные явления в<br>полупроводниках<br>Фотоэлектрические явления в<br>полупроводниках                       | Защиты, устанавливаемые на трансформаторах                                                                                                               |
| 6.       | Физические процессы в<br>идеализированном гомогенном р-<br>п-переходе                                                                          | Исследование параметров срабатывания защит,<br>устанавливаемых на электродвигателях                                                                      |
| 7.       | Отличия реальных р-п-переходов<br>от идеализированного                                                                                         | Защиты, устанавливаемые на генераторах.<br>Выбор параметров срабатывания защит,<br>устанавливаемых на генераторах                                        |
| 8.       | Физические процессы в структуре<br>с двумя взаимодействующими<br>переходами. Физические основы<br>электровакуумных и<br>газоразрядных приборов | Согласование защит, устанавливаемых на<br>отдельных объектах в электроэнергетических<br>системах. Проверка согласования с помощью<br>карты селективности |

### 5.4. Практические занятия (семинары) – не предусмотрены

## 6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

### Тематика и формы самостоятельной работы студентов (реферат + презентация)

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

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

### **Типовой пример самостоятельной работы**

Тема реферата разрабатывается преподавателем. Разработка плана, поиск литературы, соответствующей заданной теме, ее анализ и дальнейшая обработка материала проводится каждым студентом самостоятельно. Преподаватель в процессе работы над рефератом координирует действия студентов, консультирует их и дает предварительную оценку их работе. Для эффективности выполнения реферата необходимо четко придерживаться графика работы и сроков, определенных преподавателем.

Реферат должен отвечать следующим требованиям: логичное изложение теоретических знаний, четкая научная формулировка материала, рассмотрение различных способов решения обозначенной в реферате проблемы, показ разных точек зрения на проблему, проведение сравнения зарубежных и отечественных технологий, оборудования и решений, соответствующих рассматриваемым в рефератах темам.

### **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>

## **7. Оценочные средства**

### **7.1. Вопросы к рубежным аттестациям**

#### ***I рубежная аттестация***

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.

#### **Образец билета к 1 рубежной аттестации**

1-я рубежная аттестация по дисциплине  
«Физические основы электроники»

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Вопросы:

1. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.
2. Условие электрической нейтральности. Закон действующих масс в невырожденных полупроводниках.

#### ***II рубежная аттестация***

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.

### **Образец билета ко 2 рубежной аттестации**

2-я рубежная аттестация по дисциплине  
«Физические основы электроники»

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Вопросы:

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

# ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени академика М.Д. Миллионщикова

---

### БИЛЕТ № 1

Дисциплина «Физические основы электроники»

Институт энергетики направление АНП семестр \_\_\_\_\_

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

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

Подпись заведующего кафедрой \_\_\_\_\_

### 7.3. Текущий контроль

#### Образец типового задания для лабораторных занятий

#### Лабораторное занятие на тему «Исследование полупроводникового диода»

**Цель лабораторной работы** изучение свойств полупроводниковых диодов и стабилитронов путем практического снятия и исследования их вольтамперных характеристик.

#### Образец задания

1. Установить напряжение источника питания на 5 В
2. Выставить значение потенциометра R1 на максимум.
3. Включить установку
4. Внимательно изучить схему
5. Уменьшая значение потенциометра R1, изменять прямое напряжение диода
6. Результаты работы оформить в виде протокола.
7. Сделать отчет согласно пунктам задания.

#### 7.4. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Таблица 6

| Планируемые результаты освоения компетенции                                                                                                                                                                                                     | Критерии оценивания результатов обучения |                                      |                                                          |                                               | Наименование оценочного средства                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                 | менее 41 баллов<br>(неудовлетворительно) | 41-60 баллов<br>(удовлетворительно)  | 61-80 баллов<br>(хорошо)                                 | 81-100 баллов<br>(отлично)                    |                                                                                                                           |
| ОПК-2 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач                                                     |                                          |                                      |                                                          |                                               |                                                                                                                           |
| <b>Знать:</b><br>- физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных электронных приборов;<br>- формулы плотности дрейфового и диффузионного токов в полупроводниках;<br>- физический смысл основных параметров р-n перехода | Фрагментарные знания                     | Неполные знания                      | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания   | Сформированные систематические знания         | Комплект заданий для выполнения лабораторных работ, темы докладов с презентациями, вопросы по темам / разделам дисциплины |
| <b>Уметь:</b><br>- находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на параметры структур                                                                    | Частичные умения                         | Неполные умения                      | Умения полные, допускаются небольшие ошибки              | Сформированные умения                         |                                                                                                                           |
| <b>Владеть:</b><br>– навыками самостоятельной работы при решении теоретических и практических задач                                                                                                                                             | Частичное владение навыками              | Несистематическое применение навыков | В систематическом применении навыков допускаются пробелы | Успешное и систематическое применение навыков |                                                                                                                           |

## **8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся созданы фонды оценочных средств, адаптированные для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе. Форма проведения текущей аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При тестировании для слабовидящих студентов используются фонды оценочных средств с укрупненным шрифтом. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (или зачете). Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и обучающиеся инвалиды обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами (программы, учебные пособия для самостоятельной работы и т.д.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по зрению:**

- **для слепых:** задания для выполнения на семинарах и практических занятиях оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых либо надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- **для слабовидящих:** обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; задания для выполнения заданий оформляются увеличенным шрифтом;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по слуху:**

- **для глухих и слабослышащих:** обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; предоставляются услуги сурдопереводчика;

- **для слепоглухих** допускается присутствие ассистента, оказывающего услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);

3) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих лекции и семинары, проводимые в устной форме, проводятся в письменной форме;

4) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, **имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:**

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей: письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; выполнение заданий (тестов, контрольных работ), проводимые в письменной форме, проводятся в устной форме путем опроса, беседы с обучающимся.

## **9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **9.1 Литература**

1. Валюхов, Д. П. Физические основы электроники : учебное пособие / Д. П. Валюхов, 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. Гальваноманометры 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>

### **9.2. Методические указания по освоению дисциплины «Физические основы электроники» (Приложение)**

## **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **10.1. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Лабораторный практикум выполняется на универсальных стендах, оснащенных измерительными приборами электромеханической группы, выносными мультиметрами, осциллографом, электрическими машинами.

### **10.2. Помещения для самостоятельной работы**

Учебная аудитория для самостоятельной работы – 1-29.

Методические указания по освоению дисциплины

«Физические основы электроники»

**1. Методические указания для обучающихся по планированию и организации времени, необходимого для освоения дисциплины.**

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины, ее структурой и содержанием разделов (модулей), фондом оценочных средств, ознакомиться с учебно-методическим и информационным обеспечением дисциплины.

Дисциплина «Физические основы электроники» состоит из 8 связанных между собою тем, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Физические основы электроники» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, лабораторные занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, лабораторным занятиям, тестам, докладам с видео, и иным формам письменных работ).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому лабораторному занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения. Многие проблемы, изучаемые в курсе, носят дискуссионный характер, что предполагает интерактивный характер проведения занятий на конкретных примерах.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении дисциплины следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10 – 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10 - 15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в библиотеке (по 1 часу).
4. При подготовке к лабораторному занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, - предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1 - 2 практические ситуации.

**2. Методические указания по работе обучающихся во время проведения лекций.**

Лекции дают обучающимся систематизированные знания по дисциплине, концентрируют их внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Лекции обычно излагаются в традиционном или в проблемном стиле. Для студентов в большинстве случаев в проблемном стиле. Проблемный стиль позволяет стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся и их интерес к дисциплине, формировать творческое мышление, прибегать к противопоставлениям и сравнениям, делать обобщения, активизировать внимание обучающихся путем постановки проблемных вопросов, поощрять дискуссию.

Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть того или иного явления, или процессов, выводы и практические рекомендации.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает преподаватель, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, необходимо использовать не только основную литературу, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал преподаватель. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

### **3. Методические указания обучающимся по подготовке к практическим/семинарским занятиям.**

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Ознакомление с планом лабораторного занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. Проработать конспект лекций;
3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к лабораторным занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения дисциплины;

4. Ответить на вопросы плана лабораторного занятия;
5. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания и иные задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

### **4. Методические указания обучающимся по организации самостоятельной работы.**

Цель организации самостоятельной работы по дисциплине «Физические основы электроники»

- это углубление и расширение знаний в области электроэнергетики; формирование навыка и интереса к самостоятельной познавательной деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные

методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к практическому занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить реферат и выступить с ним на практическом занятии. Практическое занятие - это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять и задавать вопросы коллегам по обсуждению.

При подготовке к контрольной работе обучающийся должен повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, используя конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, лабораторных занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Виды СРС и критерии оценок

(по балльно-рейтинговой системе ГГНТУ, СРС оценивается в 15 баллов)

1. Доклад
2. Участие в мероприятиях

Темы для самостоятельной работы прописаны в рабочей программе дисциплины. Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы

является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

**Составитель:**

Ст. преподаватель каф.

«Электротехника и электропривод»



Амхаев Т.Ш.

**Согласовано:**

Зав. выпускающей кафедры

«Электротехника и электропривод»



Магомадов Р.А-М.

Директор ДУМР



Магомаева М.А.