

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ<sup>1</sup>**  
**по дисциплине**

**«Физические основы электроники»**

Направление подготовки	<i>11.03.04 Электроника и нанoeлектроника</i>
Направленность (профиль) образовательной программы	<i>Промышленная электроника</i>

Обеспечивающее подразделение
<i>Кафедра «Промышленная электроника»</i>

Разработчик ФОС:

Доцент кафедры, кандидат технических  
наук, доцент

\_\_\_\_\_

(должность, степень, ученое звание)

С.М.. Копытов

\_\_\_\_\_

(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры,  
протокол № 35 от «05» июня 2023 г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Н.Н. Любушкина

<sup>1</sup> В данном документе представлены типовые оценочные средства. Полный комплект оценочных средств, включающий все варианты заданий (тестов, контрольных работ и др.), предлагаемых обучающемуся, хранится на кафедре в бумажном и электронном виде.

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	- знать физические процессы, лежащие в основе работы твердотельных электропреобразовательных, оптоэлектронных и квантовых электронных приборов, назначение, конструктивные особенности, основные параметры и характеристики данных приборов
	ОПК-1.2. Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	- уметь практически определять параметры и характеристики твердотельных электропреобразовательных, оптоэлектронных и квантовых электронных приборов, оценивать влияние на них окружающей среды, использовать соответствующий физико - математический аппарат для расчета параметров и характеристик данных приборов
	ОПК-1.3. Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	- владеть навыками проверки исправности и определения режима работы электропреобразовательных, оптоэлектронных и квантовых приборов в схеме устройства, выбора нужных приборов при проектировании систем промышленной электроники

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Разделы 1, 2, 3, 4	ОПК-1	Тест	Правильность ответов на вопросы
Разделы 2, 3, 4	ОПК-1	Лабораторные работы	Аргументированность ответов
Разделы 2, 3, 4	ОПК-1	Расчетно-графическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий
Разделы 5, 6, 9, 10, 12	ОПК-1	Лабораторные работы	Аргументированность ответов
Разделы 5, 6, 9, 10, 11, 12	ОПК-1	Практические задания	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13	ОПК-1	Курсовая работа	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 5 - 13	ОПК-1	Вопросы к экзамену	Полнота и аргументированность ответов

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>3 семестр</b> <i>Промежуточная аттестация в форме «Экзамен»</i>				
1	Тест	в течение семестра	30 баллов	30 баллов – 91-100 % правильных ответов – высокий уровень знаний; 24 баллов – 71-90 % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний; 18 баллов – 61-70 % правильных ответов – средний уровень знаний; 12 баллов – 51-60 % правильных ответов – низкий уровень знаний; 0 баллов – 0-50 % правильных ответов – очень низкий уровень знаний.
2	Лабораторная работа 1	в течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
3	Лабораторная работа 2	в течение семестра	5 баллов	
4	Лабораторная работа 3	в течение семестра	5 баллов	
5	Лабораторная работа 4	в течение семестра	5 баллов	
6	Лабораторная работа 5	в течение семестра	5 баллов	
7	Лабораторная работа 6	в течение семестра	5 баллов	
8	РГР	в течение семестра	50 баллов	

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				35-42 – студент владеет знаниями почти в полном объеме (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); не допускает вместе с тем серьезных ошибок; 27-34 – студент способен решать лишь наиболее легкие задачи, владеет только обязательным минимумом выполнения расчетов; меньше 27 – студент не освоил обязательного минимума знаний, не способен решать задачи.
ИТОГО:			110 баллов	
9	Экзамен	на сессии	100 баллов	100 – студент владеет знаниями в полном объеме, самостоятельно, логически последовательно и исчерпывающе отвечает на поставленные вопросы; 75 – студент владеет знаниями почти в полном объеме (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах; 50 – студент владеет только обязательным минимумом знаний по дисциплине; 0 – студент не освоил обязательного минимума знаний, не способен ответить на поставленный вопрос
ИТОГО:			210 баллов	
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>				
0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);				
65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый, минимальный уровень);				
75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);				
85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий, максимальный уровень)				
<b>4 семестр</b>				
<b><i>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</i></b>				
1	Лабораторная работа 7	в течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при
2	Лабораторная работа 8	в течение семестра	5 баллов	
3	Лабораторная работа 9	в течение семестра	5 баллов	
4	Лабораторная работа 10	в течение семестра	5 баллов	
5	Лабораторная работа 11	в течение семестра	5 баллов	
6	Лабораторная работа 12	в течение семестра	5 баллов	

	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
7	Практическая работа 1	в течение семестра	5 баллов	решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
8	Практическая работа 2	в течение семестра	5 баллов	
9	Практическая работа 3	в течение семестра	5 баллов	
10	Практическая работа 4	в течение семестра	5 баллов	
11	Практическая работа 5	в течение семестра	5 баллов	
12	Практическая работа 6	в течение семестра	5 баллов	
13	Практическая работа 7	в течение семестра	5 баллов	
14	Практическая работа 8	в течение семестра	5 баллов	
Текущий контроль:			70 баллов	
ИТОГО:			70 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый, минимальный уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий, максимальный уровень)</p>				

4 семестр	
<i>Промежуточная аттестация в форме КР</i>	
<p>По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется оценка по 4-балльной шкале оценивания</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценка <i>«отлично»</i> выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;</li> <li>- оценка <i>«хорошо»</i> выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;</li> <li>- оценка <i>«удовлетворительно»</i> выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;</li> <li>- оценка <i>«неудовлетворительно»</i> выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета</li> </ul>	

не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.

**3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

**3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

**ТЕСТ**

Примеры вопросов теста:

**1. Какой полупроводник называется примесным?**

- 1) Смесь нескольких различных полупроводников.
- 2) Сплав кремния и германия.
- 3) Полупроводник, содержащий в небольшой концентрации примесь с валентностью, отличной от валентности основного вещества.
- 4) Механическая смесь частиц металла и диэлектрика.

**2. От чего зависит проводимость примесных полупроводников?**

- 1) От концентрации примесей.
- 2) От полярности приложенного напряжения.
- 3) От направления протекающего тока.
- 4) Правильного ответа нет.

**3. Примеси какой валентности обеспечивают получение полупроводников р-типа?**

- 1) Трехвалентные (B, Al, In, Ga).
- 2) Четырехвалентные (C, Sn).
- 3) Пятивалентные (P, As, Sb).

**4. Примеси какой валентности обеспечивают получение полупроводников n-типа?**

- 1) Трехвалентные (B, Al, In, Ga).
- 2) Четырехвалентные (C, Sn).
- 3) Пятивалентные (P, As, Sb).

**5. Где располагается уровень Ферми у примесных полупроводников р-типа?**

- 1) Посредине запрещенной зоны.
- 2) В валентной зоне.
- 3) В зоне проводимости.
- 4) В запрещенной зоне вблизи валентной зоны.
- 5) В запрещенной зоне вблизи зоны проводимости.

**6. Где располагается уровень Ферми у примесных полупроводников n-типа?**

- 1) Посредине запрещенной зоны.
- 2) В валентной зоне.
- 3) В зоне проводимости.
- 4) В запрещенной зоне вблизи валентной зоны.
- 5) В запрещенной зоне вблизи зоны проводимости.

**7. Как изменится положение уровня Ферми примесного полупроводника p-типа при повышении температуры?**

- 1) Уровень Ферми сместится вниз к середине запрещенной зоны.
- 2) Уровень Ферми сместится вверх к середине запрещенной зоны.
- 3) Положение уровня Ферми не изменится.

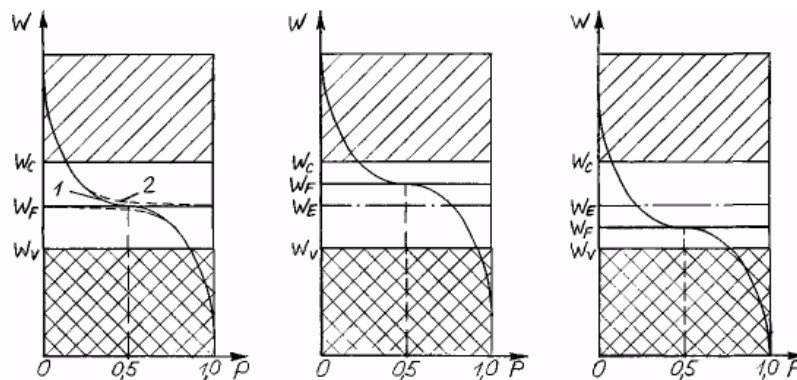
**8. Как влияет повышение температуры на положение уровня Ферми в полупроводнике n-типа?**

- 1) Уровень Ферми стремится ко дну зоны проводимости.
- 2) Уровень Ферми стремится к середине запрещенной зоны.
- 3) Уровень Ферми остается на месте.

**8. Какова валентность материалов ковалентных полупроводников?**

- 1) Три.
- 2) Пять
- 3) Четыре.
- 4) Один-два.
- 5) Семь-восемь.

**9. Укажите энергетическую диаграмму примесного полупроводника n-типа.**



**10. Какие носители являются основными в полупроводнике p-типа?**

- 1) Электроны.
- 2) Положительные ионы.
- 3) Отрицательные ионы.
- 4) Дырки.

**11. Какие носители являются основными в полупроводнике n-типа?**

- 1) Положительные ионы.
- 2) Электроны.
- 3) Отрицательные ионы.
- 4) Дырки.

**12. Какова примерно относительная концентрация легирующих примесей в полупроводниках, используемых для изготовления большинства полупроводниковых приборов?**

- 1) Один атом примеси на 100 атомов полупроводника.
- 2) Один атом примеси на 10 000 атомов полупроводника.
- 3) Один атом примеси на 1000 000 атомов полупроводника.

**13. Как меняется положение уровня Ферми полупроводника n-типа с увеличением концентрации примеси?**

- 1) Смещается ко дну зоны проводимости.
- 2) Смещается к середине запрещенной зоны.
- 3) Остается на прежнем месте.

**14. Как влияет увеличение концентрации легирующей примеси на положение уровня Ферми в полупроводнике p-типа?**

- 1) Уровень Ферми остается на месте.
- 2) Уровень Ферми стремится к середине запрещенной зоны.
- 3) Уровень Ферми стремится к потолку валентной зоны.

**15. Сравните концентрацию носителей в примесных полупроводниках с концентрацией примесей?**

- 1) Концентрация носителей значительно меньше концентрации примесей.
- 2) Концентрация носителей приблизительно равна концентрации примесей.
- 3) Концентрация носителей значительно больше концентрации примесей.

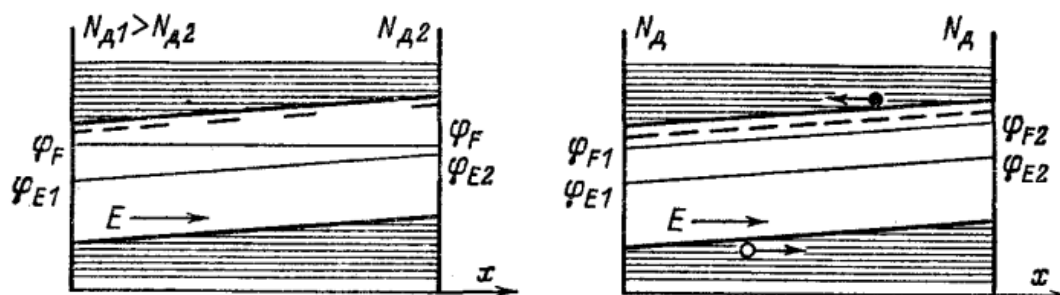
**16. Что такое диффузия носителей в полупроводнике?**

- 1) Движение носителей за счет электрического поля.
- 2) Хаотическое тепловое движение носителей.
- 3) Движение за счет разности концентраций.

**17. Что такое дрейф носителей в полупроводнике?**

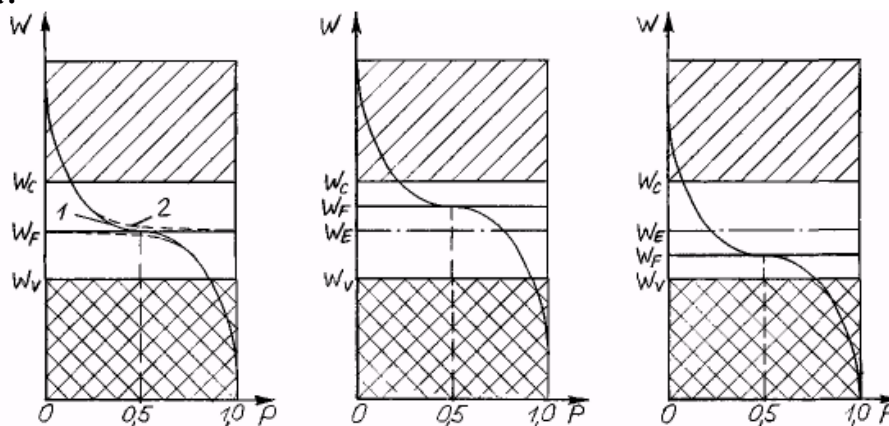
- 1) Движение носителей за счет электрического поля.
- 2) Хаотическое тепловое движение.
- 3) Движение за счет разности концентраций.

**18. Какой полупроводник легирован донорной примесью равномерно?**



- 1) Первый.
- 2) Второй.
- 3) Оба неравномерно.
- 4) Оба равномерно.

**19. На каком рисунке приведена энергетическая диаграмма примесного полупроводника p-типа?**



**20. Каково соотношение между направленными и тепловыми скоростями электронов в полупроводниках в слабых электрических полях?**

- 1) Направленные скорости соизмеримы с тепловыми.
- 2) Направленные скорости меньше тепловых.
- 3) Направленные скорости больше тепловых.

**РГР**

РГР включает задания по первой части курса ФОЭ «Твердотельная электроника». В этой части рассматриваются физические основы работы полупроводниковых приборов, а



также анализируются параметры и характеристики электропреобразовательных полупроводниковых приборов.

**Цель работы:** изучение физических основ функционирования, принципов устройства и работы полупроводниковых диодов и биполярных транзисторов, ознакомление с их характеристиками и параметрами.

Перечень заданий РГР:

- 1) Решить задачи из раздела «Контактные явления».
- 2) Решить задачи из раздела «Полупроводниковые диоды».
- 3) Решить задачи из раздела «Биполярные транзисторы»
- 4) По входным и выходным ВАХ найти  $h$ -параметры транзистора как четырехполюсника для схемы ОЭ.
  
- 5) Найти физические и  $h$ -параметры транзистора как четырехполюсника для схемы ОЭ, используя  $h$ -параметры для схемы ОБ.
- 6) Рассчитать частотные свойства транзистора.

### Очная форма обучения

#### Задания лабораторных работ

1. Освоение универсального лабораторного стенда 87Л-01 «Луч» для исследования электронных приборов (реализуется в форме практической подготовки).

- 1) Какие составляющие входят в комплект оборудования стенда 87Л-01 «Луч»?
- 2) Из каких основных функциональных узлов состоит стенд?
- 3) Охарактеризуйте генераторную часть стенда.
- 4) Охарактеризуйте измерительную часть стенда.
- 5) Охарактеризуйте блок питания и коммутации.
- 6) Как снять статические ВАХ электронных приборов с помощью стенда?

2. Исследование выпрямительных диодов (реализуется в форме практической подготовки).

- 1) Объясните выпрямляющее действие  $p$ - $n$ -перехода.
- 2) Сравните ВАХ  $p$ - $n$ -перехода и реального выпрямительного диода.
- 3) Чем различаются ВАХ германиевых и кремниевых диодов?
- 4) Влияние температуры и концентрации примесей на ВАХ диода.
- 5) Каковы основные области применения диодов?
- 6) Назовите основные параметры полупроводниковых диодов.

3. Исследование полупроводниковых стабилитронов (реализуется в форме практической подготовки).

- 1) Назовите основные виды пробоев  $p$ - $n$ -переходов.
- 2) Расскажите; какие физические процессы определяют форму характеристики стабилитрона на разных участках.
- 3) От чего зависит напряжение пробоя?
- 4) Как найти температурный коэффициент напряжения стабилизации? Какой знак он имеет для разных видов пробоя?
- 5) Привести схему включения стабилитрона.

4. Исследование туннельных и обращенных диодов (реализуется в форме практической подготовки).

- 1) Сравните принципы действия туннельного и обращенного диодов.
- 2) Что такое туннельный эффект?

- 3) Сравните ВАХ туннельного и обращенного диодов.
- 4) Назовите параметры туннельного диода, обращенного диода.
- 5) Как влияет температура на характеристики диодов?
- 6) Расскажите о применении туннельных и обращенных диодов.

5. *Исследование статических характеристик и физических параметров маломощного транзистора в схеме с ОБ (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Объясните устройство и принцип действия транзистора.
- 2) Приведите картину распределения неосновных носителей в базе транзистора в зависимости от режима работы.
- 3) Назовите составляющие токов электродов транзистора.
- 4) Назовите статические параметры транзистора, объясните их физический смысл.
- 5) Какие схемы включения транзисторов существуют?
- 6) Изобразите ВАХ транзистора в схеме с ОБ.
- 7) Охарактеризуйте усилительные и частотные свойства транзистора в схеме с ОБ.

6. *Исследование статических характеристик и физических параметров маломощного транзистора в схеме с ОЭ (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Как экспериментально определить статические параметры транзистора?
- 2) Изобразите ВАХ транзистора в схеме с ОЭ.
- 3) Охарактеризуйте усилительные и частотные свойства транзистора в схеме с ОЭ.
- 4) Какие существуют системы малосигнальных параметров и в чем преимущества системы  $h$  - параметров?
- 5) Как выглядит Т-образная эквивалентная схема транзистора?

7. *Исследование полевого транзистора с управляющим переходом (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Объясните принцип управления током в транзисторе.
- 2) Какие параметры характеризуют основные свойства транзисторов? Как они определяются?
- 3) Приведите статические характеристики полевого транзистора.
- 4) Чем принципиально отличается транзистор с изолированным затвором от полевого транзистора с управляющим  $p - n$  - переходом?
- 5) Приведите схему замещения полевого транзистора.
- 6) Сравните частотные свойства полевого и биполярного транзистора.

8. *Исследование тиристора (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Назовите основные типы тиристоров и объясните принцип их действия.
- 2) Каковы основные параметры тиристоров?
- 3) Какие способы применяют для включения тиристоров и для их выключения?
- 4) Сравните преимущества и недостатки тиристорных и транзисторных ключей.
- 5) Рассмотрите вольт-амперные характеристики тиристора с точки зрения физических процессов, протекающих в структуре типа  $n-p-n-p$ ?
- 6) Что называется пусковой характеристикой и характеристикой управления тиристора?
- 7) Каковы конструктивные особенности тиристоров?

9. *Исследование светодиодов (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) На каких принципах основана работа светодиода?
- 2) Механизм излучения света в светодиоде (с рассмотрением энергетической диаграммы  $p-n$ -перехода).
- 3) Из каких материалов изготавливают светодиоды? Почему?

- 4) Укажите, какая длина волны соответствует видимой области света?
- 5) Особенности светодиодов на гетеропереходах.
- 6) Применение и особенности светодиодов инфракрасного излучения.

*10. Исследование полупроводниковых фотоприемников (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Какое явление называется внутренним фотоэффектом?
- 2) Что такое фотопроводимость, фототок?
- 3) В чем состоит принцип действия фоторезистора?
- 4) Как изменяются световые и вольт-амперные характеристики фоторезистора при возрастании светового потока?
- 5) Какая зависимость называется спектральной характеристикой фоторезистора? Какой она имеет вид?
- 6) Какими параметрами характеризуется фоторезистор?
- 7) Каковы физические основы работы фотодиодов?
- 8) Чем различаются вентильный и фотодиодный режимы работы фотодиода?
- 9) Какую максимальную мощность, снимаемую с фотодиода, можно получить в вентильном режиме работы?
- 10) Какие физические явления определяют инерционные свойства фотодиодов?

*11. Исследование оптронов (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Назначение оптронов.
- 2) Классификация оптронов.
- 3) Какой элемент используется в качестве излучающего в оптопарах?
- 4) Как обеспечивается наибольшая передача световой энергии от источника излучения к приемнику?
- 5) Достоинства и недостатки оптронов.
- 6) Изобразите характеристики диодного и транзисторного оптронов, назовите их основные параметры.
- 7) Укажите области применения оптронов.

*12. Исследование лазеров (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Расскажите про процессы поглощения фотонов, спонтанного и индуцированного испускания кванта.
- 2) Какая среда называется активной? Что такое населенность уровней? Инверсная населенность уровней и условия ее создания.
- 3) Какие существуют методы создания инверсной населенности уровней?
- 4) Дайте понятие об используемых в ОКГ схемах перехода электронов между энергетическими уровнями.
- 5) Объясните принцип работы лазера. Структура и назначение элементов.
- 6) Что представляет собой оптический резонатор и его назначение?
- 7) Сравните работу светодиода и полупроводникового лазерного диода. Чем отличается их излучение?
- 8) Устройство и принцип работы инжекционного лазера.
- 9) Параметры инжекционного лазера
- 10) Что такое пороговый ток и как он зависит от температуры?

### **Задания практических работ**

*Практическая работа 1. Решение задач по теме «Контактные явления в полупроводниках».*

Рассчитать уровни легирования областей, геометрическую ширину и энергетическую высоту потенциальных барьеров переходов между легированными ковалентными полупроводниками.

*Практическая работа 2.* Решение задач по теме «Полупроводниковые диоды».

Рассчитать геометрические и электрические параметры различных типов полупроводниковых диодов.

*Практическая работа 3.* Анализ схем замещения малого сигнала биполярных транзисторов.

Выполнить анализ схем замещения малого сигнала биполярных транзисторов и расчет физических и формальных параметров этих схем.

*Практическая работа 4.* Анализ схем замещения большого сигнала биполярных транзисторов.

Выполнить анализ схем замещения большого сигнала биполярных транзисторов и расчет физических параметров этих схем.

*Практическая работа 5.* Анализ работы биполярных и полевых транзисторов в разных режимах.

Выполнить расчет токов в электродах и коэффициентов усиления при работе биполярных и полевых транзисторов в разных режимах.

*Практическая работа 6.* Построение ВАХ полевых МДП-транзисторов по их параметрам.

Выполнить расчет и построение сток-затворных и стоковых ВАХ МДП-транзисторов по их параметрам.

*Практическая работа 7.* Анализ частотных свойств биполярных и полевых транзисторов.

Выполнить расчет частотных свойств биполярных и полевых транзисторов.

*Практическая работа 8.* Анализ работы термоэлектрических и гальваномагнитных полупроводниковых приборов.

Выполнить расчет параметров термоэлектрических и гальваномагнитных полупроводниковых приборов.

## **Заочная форма обучения**

### **Задания лабораторных работ**

*1. Исследование выпрямительных диодов (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Объясните выпрямляющее действие  $p-n$ -перехода.
- 2) Сравните ВАХ  $p-n$ -перехода и реального выпрямительного диода.
- 3) Чем различаются ВАХ германиевых и кремниевых диодов?
- 4) Влияние температуры и концентрации примесей на ВАХ диода.
- 5) Каковы основные области применения диодов?
- 6) Назовите основные параметры полупроводниковых диодов.

2. *Исследование статических характеристик и физических параметров маломощного транзистора в схеме с ОБ (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Объясните устройство и принцип действия транзистора.
- 2) Приведите картину распределения неосновных носителей в базе транзистора в зависимости от режима работы.
- 3) Назовите составляющие токов электродов транзистора.
- 4) Назовите статические параметры транзистора, объясните их физический смысл.
- 5) Какие схемы включения транзисторов существуют?
- 6) Изобразите ВАХ транзистора в схеме с ОБ.
- 7) Охарактеризуйте усилительные и частотные свойства транзистора в схеме с ОБ.

3. *Исследование статических характеристик и физических параметров маломощного транзистора в схеме с ОЭ (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Как экспериментально определить статические параметры транзистора?
- 2) Изобразите ВАХ транзистора в схеме с ОЭ.
- 3) Охарактеризуйте усилительные и частотные свойства транзистора в схеме с ОЭ.
- 4) Какие существуют системы малосигнальных параметров и в чем преимущества системы  $h$  - параметров?
- 5) Как выглядит Т-образная эквивалентная схема транзистора?

4. *Исследование полевого транзистора с управляющим переходом (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Объясните принцип управления током в транзисторе.
- 2) Какие параметры характеризуют основные свойства транзисторов? Как они определяются?
- 3) Приведите статические характеристики полевого транзистора.
- 4) Чем принципиально отличается транзистор с изолированным затвором от полевого транзистора с управляющим  $p - n$  - переходом?
- 5) Приведите схему замещения полевого транзистора.
- 6) Сравните частотные свойства полевого и биполярного транзистора.

5. *Исследование тиристора (реализуется в форме практической подготовки).*

- 1) Назовите основные типы тиристоров и объясните принцип их действия.
- 2) Каковы основные параметры тиристоров?
- 3) Какие способы применяют для включения тиристоров и для их выключения?
- 4) Сравните преимущества и недостатки тиристорных и транзисторных ключей.
- 5) Рассмотрите вольт-амперные характеристики тиристора с точки зрения физических процессов, протекающих в структуре типа  $n-p-n-p$ ?
- 6) Что называется пусковой характеристикой и характеристикой управления тиристора?
- 7) Каковы конструктивные особенности тиристоров?

### **Задания практических работ**

*Практическая работа 1. Анализ схем замещения малого сигнала биполярных транзисторов.*

Выполнить анализ схем замещения малого сигнала биполярных транзисторов и расчет физических и формальных параметров этих схем.

### **3.2 Задания для промежуточной аттестации**

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Генерация и рекомбинация носителей в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники. Уровень Ферми. Зависимость концентраций носителей от температуры. Связь концентраций основных и неосновных носителей.
2. Диффузия и дрейф носителей. Подвижность, коэффициент диффузии, время жизни, диффузионная длина, длина свободного пробега, зависимость от температуры.
3. Полупроводники в сильных электрических полях. Ударная ионизация, туннелирование, рассеяние носителей, междолинный переход электронов.
4. *P-n*-переход в равновесном состоянии. Энергетическая диаграмма, ширина и высота потенциального барьера, их зависимость от температуры, концентрации примесей, ширины запрещенной зоны.
5. *P-n*-переход в неравновесном состоянии. Энергетическая диаграмма, ширина и высота потенциального барьера, их зависимость от температуры, напряжения.
6. Ёмкости *p-n*-перехода, их влияние на работу диодов и транзисторов. Вольт - фарадная характеристика *p-n*-перехода.
7. Виды пробоев *p-n*-перехода. Зависимость напряжения пробоя от температуры.
8. ВАХ идеального *p-n*-перехода. Влияние температуры, ширины запрещенной зоны, концентрации легирующих примесей.
9. ВАХ реального диода, отличие от ВАХ идеального *p-n*-перехода.
10. Контакт полупроводников с одним типом проводимости. Энергетическая диаграмма, свойства, применение.
11. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником, применение.
12. Выпрямительные диоды. ВАХ, применение.
13. Стабилитроны, стабилитроны. ВАХ, применение.
14. Туннельный диод. Принцип работы, ВАХ, применение.
15. Обращенный диод. Принцип работы, ВАХ, применение.
16. Варикапы. Вольт-фарадная характеристика, эквивалентные схемы на низких и высоких частотах.
17. Импульсные и высокочастотные диоды. Временные диаграммы токов, время восстановления обратного сопротивления, методы его уменьшения.
18. Диоды Шоттки. Преимущества по сравнению с диодами на *p-n*-переходах.
19. Биполярный транзистор. Структура, энергетические диаграммы, токи в электродах.
20. Схема включения транзистора с ОБ. Основные параметры, ВАХ.
21. Схема включения транзистора с ОЭ. Основные параметры, ВАХ.
22. Виды пробоя в транзисторах. Зависимость напряжения лавинного пробоя от схемы включения, параметров внешних цепей.
23. Усилительные свойства транзистора в разных схемах включения. Коэффициенты усиления ( $K_I$ ,  $K_U$ ,  $K_P$ ), входные и выходные сопротивления.
24. Частотные свойства транзисторов в разных схемах включения, сравнение. Дрейфовые и бездрейфовые транзисторы.
25. Работа транзистора на импульсах (ключевой режим работы транзисторов).
26. Предельные режимы работы транзистора по температуре и частоте.

## КУРСОВАЯ РАБОТА

Курсовая работа реализуется в форме практической подготовки.

**Тема работы** «Расчет параметров и характеристик приборов твердотельной, оптической и квантовой электроники».

**Цель работы:** изучение физических основ функционирования, принципов устройства и работы полевых транзисторов, тиристоров, термоэлектрических, магнитоэлектрических, оптоэлектронных и квантовых приборов, ознакомление с их характеристиками и параметрами.

**Исходные данные для выполнения курсовой работы**

1) Рассчитать параметры и характеристики полевых транзисторов, тиристоров, термоэлектрических, магнитоэлектрических полупроводниковых приборов. Для этого изучить физические основы функционирования, принципы устройства и работы полевых транзисторов, тиристоров, термоэлектрических, магнитоэлектрических полупроводниковых приборов, ознакомиться с их характеристиками и параметрами.

2) Рассчитать параметры и характеристики оптоэлектронных и квантовых приборов. Для этого изучить физические основы функционирования, принципы устройства и работы оптоэлектронных и квантовых приборов, ознакомиться с их характеристиками и параметрами.

Задание на курсовую работу представляет собой набор практических задач, результаты решения которых, должны быть изложены в виде расчетно-пояснительной записки. Записка должна содержать исходные задания, решения задач с необходимыми пояснениями, требуемые схемы, а также графический материал, представленный энергетическими и временными диаграммами, графиками и т.д.

В процессе выполнения задания студент прорабатывает теоретический материал, производит необходимые расчеты, строит электрические схемы, вольт-амперные характеристики приборов, энергетические, временные диаграммы и графики.

При прохождении данного этапа студент учится работать с технической литературой, искать решения поставленных инженерных задач, организовывать самостоятельную работу.

Курсовая работа затрагивает основные аспекты теории и методов расчета параметров и характеристик электронных приборов, с которыми придется столкнуться будущему инженеру в процессе работы по специальности.

Основными задачами курсовой работы являются:

закрепление и более глубокое усвоение теоретических знаний;

приобретение навыков и освоение методов технического расчета параметров и характеристик электронных приборов;

развитие навыков самостоятельной работы при выборе методов расчета и творческой инициативы при решении конкретных задач;

развитие навыков поиска и самостоятельной работы с технической литературой;

подготовка к освоению будущих дисциплин направления.