

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный  
университет им. Х.М. Бербекова»  
(КБГУ)

Институт электроники, робототехники и искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП

 Р.Ш. Тешев

«12» февраля 2025 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)  
Б1.О.17.02 «ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРО- И  
НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»**

Специальность

**11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»**

Специализация:

**Радиоэлектронные системы передачи информации**

Квалификация выпускника

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Нальчик 2025

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

Таблица 1

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Индикаторы достижения</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУН)</b>
<p><b>ОПК-1</b> Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.</p>	<p><b>ОПК-1.1.</b> Способен использовать рационалистический подход к изучению предметов и явлений в конкретных областях науки.</p>	<p><b>Знать:</b> фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы.</p>
	<p><b>ОПК-1.2.</b> Способен выбирать и объединять полученные знания в целостную систему.</p>	<p><b>Уметь:</b> применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p>
	<p><b>ОПК-1.3.</b> Способен использовать методы и процедуры для обоснования решений практических задач.</p>	<p><b>Владеть:</b> навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.</p>
<p><b>ОПК-2</b> Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной</p>	<p><b>ОПК-2.1.</b> Способен оперировать научными фактами, опираясь на законы логики.</p>	<p><b>Знать</b> современное состояние области профессиональной деятельности</p>
	<p><b>ОПК-2.2.</b> Способен</p>	<p><b>Уметь</b> искать и представлять актуальную информацию о состоянии предметной области</p>

<p>деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения.</p>	<p>осознанно выбирать методы и средства изучения объектов и проблем.</p> <p><b>ОПК-2.3</b> Способен применять современные достижения компьютерных технологий для решения практических задач.</p>	<p><b>Владеть</b> навыками работы за персональным компьютером, в т.ч. пакетами прикладных программ для разработки и представления документации.</p>
---	--	---

## 2 Шкала оценивания планируемых результатов обучения

### 2.1 Текущий контроль

Оценка результатов текущей успеваемости в рамках контрольных точек осуществляется посредством 70-балльной системы, при этом за добросовестное посещение занятий обучающийся может набрать до 10 баллов, за качественное прохождение оценочных мероприятий - до 60 баллов.

### Карта распределения рейтинговых баллов в рамках текущего контроля

Таблица 2

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
---	--------------------	------------------	--------------------	--------------------------------	---------------------

1	Лабораторная работа №1 «Изучение влияния температуры на проводящие свойства металлов и полупроводников»	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	4	4- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 3 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
2	Лабораторная работа №2 «Изучение термоэлектрических эффектов Зеебека и Пельтье».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 2 – задания выполнены частично или

					одно из заданий выполнено неверно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
3	Лабораторная работа №3 «Исследование характеристик полупроводникового р-п - перехода».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 2 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено неверно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
4	Лабораторная	письменная	Работа	5	5- все задания

<p>работа №4 «Исследование характеристик перехода металл – полупроводник».</p>		<p>включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.</p>		<p>выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 2 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно</p>
<p>5 Лабораторная работа №5 «Исследование излучательных явлений в полупроводниковом р-п – переходе на примере светодиода».</p>	<p>письменная</p>	<p>Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.</p>	<p>4</p>	<p>4- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 3 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из</p>

					заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
6	Практическая работа №1 «Расчет распределения электронной плотности в наноразмерном канале МОП- структуры».	письменная	Работа включает в себя одно задание, выполняется каждым студентом индивидуальн о.	4	4- задание выполнено верно, выводы по работе обоснованы; 3 - задание выполнено верно, выводы по работе некорректны; 1 – задание выполнено частично верно, выводы содержат ошибки. 0 – задание не выполнено или выполнено неверно
7	Практическая работа №2 «Расчет вольт- амперной характеристики МОП-структуры с	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами	5	5- задание выполнено верно, выводы по работе обоснованы; 4 - задание

	наноразмерным каналом».		попарно.		выполнено верно, выводы по работе некорректны; 2– задание выполнено частично верно, выводы содержат ошибки. 0 – задание не выполнено или выполнено неверно
8	Практическая работа №3 «Расчет выходной электрической характеристики двухбарьерной одноэлектронной структуры».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	4	4- задание выполнено верно, выводы по работе обоснованы; 3 - задание выполнено верно, выводы по работе некорректны; 1 – задание выполнено частично верно, выводы содержат ошибки. 0 – задание не выполнено или выполнено неверно
9	Практическая работа №4 «Расчет выходной	письменная	Работа включает в	4	4- задание выполнено

	электрической характеристики квантового кольцевого интерферометра».		себя два задания, выполняется студентами попарно.		верно, выводы по работе обоснованы; 3 - задание выполнено верно, выводы по работе некорректны; 1 – задание выполнено частично верно, выводы содержат ошибки. 0 – задание не выполнено или выполнено неверно	
10	Тесты по контрольной точке	1	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	5	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
11	Тесты по контрольной точке	2	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	5	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
12	Коллоквиум по контрольной точке	1	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	5	5– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание

					<p>темы, аргументация логична;</p> <p>4 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки;</p> <p>3- ответы недостаточно полные;</p> <p>2 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов;</p> <p>1-ответы не на все вопросы, частичные.</p> <p>0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.</p>
1 3	Коллоквиум по 2 контрольной точке	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	5	5– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична;

					<p>4 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки;</p> <p>3- ответы недостаточно полные;</p> <p>2 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов;</p> <p>1-ответы не на все вопросы, частичные.</p> <p>0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.</p>
	<b>Итого:</b>			<b>60</b>	

**Карта распределения баллов в рамках промежуточной аттестации**

Таблица 3.

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
1	Экзаменационный билет	Устный опрос	Билет содержит	2	Теоретически <u>Критерии оценивания</u>

		<p>теоретические  х вопроса.  На  теоретически.  е вопросы  студент  должен  ответить  устно.</p>	<p>е  вопросы – 30  баллов.</p>	<p><b><u>теоретических</u></b>  <b><u>вопросов:</u></b>  25 до 30 баллов:  Глубокий уровень  владения  материалом,  точное знание  ключевых  концепций,  способность  анализировать и  интерпретировать  факты, грамотно  строить  высказывания,  привести  примеры,  свободно  оперировать  терминологией.  От 19 до 24  баллов: Базовое  владение  предметом,  умение  последовательно  раскрыть  основную мысль  вопроса,  грамотное  применение  терминов, наличие  существенных  элементов анализа</p>
--	--	---	---	---

					<p>и обобщений, но недостаточное развертывание или отдельные неточности.</p> <p>От 13 до 18 баллов: Частичное освоение материала, попытка объяснить основной смысл вопроса, использование некоторых базовых терминов, но отсутствие глубокого понимания сложных моментов, логические недостатки изложения, отсутствие выводов.</p> <p>От 7 до 12 баллов: Ошибочные представления, слабо выраженное владение основными понятиями, значительные</p>
--	--	--	--	--	---

					<p>затруднения в интерпретации вопросов, существенные фактологические ошибки, отсутствие обоснованных выводов и примеров.</p> <p>От 0 до 6 баллов: Полное непонимание темы, неспособность сформулировать адекватный ответ, грубые ошибки, несоответствие требованиям задания.</p>
--	--	--	--	--	---

### **3. Оценочные материалы для текущего и промежуточного контроля успеваемости**

#### **3.1. Оценочные материалы для текущего контроля**

##### **Лабораторная работа 1**

#### **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

1. Измерить сопротивление металла и полупроводника не менее 3-х раз при установившейся температуре от комнатной до 60 °С с шагом 5 °С.



4. Рассчитать термо-ЭДС, используя экспериментальные данные и построить график зависимости, откладывая по оси ординат термо-ЭДС, а по оси абсцисс - разность температур между спаями.
5. Вычислить коэффициент термо-ЭДС при температурах 30, 50, 100 °С и сравнить полученные результаты.

**Задание 2.** Определение коэффициента Пельтье.

1. Собрать схему.
2. Взвесить воду (40 г) и налить в холодильник. Измерить начальную температуру воды термометром.
3. Замкнуть ключ К и установить ток 6 А.
4. Пропускать ток в течение 40-50 мин.
5. Измерить конечную температуру воды.
6. Вычислить по формуле коэффициент Пельтье. Повторить опыт 3 раза.

**Лабораторная работа 3**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО p-n  
- ПЕРЕХОДА**

1. Собрать схему для исследования характеристик полупроводникового p-n - перехода выпрямительного диода на постоянном токе в соответствии с принципиальной схемой. В качестве источника электропитания использовать регулируемый источник постоянного напряжения E1 (0...12 В) с модуля питания. Для измерения анодного тока включить миллиамперметр постоянного тока с пределом 100 мА. Для измерения анодного напряжения использовать мультиметр. Последовательно с диодом включить токоограничивающий резистор R1=150 Ом.
2. Снять вольтамперную характеристику полупроводникового p-n - перехода выпрямительного диода на постоянном токе для прямой ветви. Для снятия характеристик регулировать напряжение на выходе источника питания; результаты измерений занести в таблицу, по которой построить прямую ветвь ВАХ.
3. Собрать схему для снятия обратной ветви ВАХ.
4. Снять обратную ветвь ВАХ диода.
5. Определить параметры полупроводникового p-n - перехода: максимальное напряжение между анодом и катодом в открытом состоянии  $U_{ам}$  при

максимальном анодном токе  $I_{a\max}$ , пороговое напряжение  $U_0$  и дифференциальное сопротивление  $r_{\partial}$ .

6. Собрать схему для получения ВАХ полупроводникового р-п - перехода на экране осциллографа. Включить токоограничивающий резистор  $R_1=150$  Ом. Исследование р-п - перехода выполняется на переменном токе в соответствии с принципиальной схемой. Вход Y (CH2) осциллографа подключить к шунту  $R_{ш}=10$  Ом, а корпус осциллографа соединить с общим проводом (перпендикулярно). Вход X (CH1) осциллографа подключить к аноду диода. При этом переключатель развёртки осциллографа должен быть переведён в положение X/Y. Светящуюся точку на экране осциллографа поместить в начало координат. Подать питание.
7. Зарисовать ВАХ диода, определить масштабы по току и напряжению.
8. Определить по осциллограмме параметры р-п - перехода: максимальное напряжение между анодом и катодом в открытом состоянии  $U_{am}$  при максимальном анодном токе  $I_{a\max}$ , пороговое напряжение  $U_0$  и дифференциальное сопротивление  $r_{\partial}$  сравнить с результатами, полученными на постоянном токе.

#### **Лабораторная работа 4**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕХОДА МЕТАЛЛ – ПОЛУПРОВОДНИК**

1. Собрать схему для исследования характеристик перехода металл – полупроводник диода Шоттки на постоянном токе в соответствии с принципиальной схемой. В качестве источника электропитания использовать регулируемый источник постоянного напряжения Е1 (0...12 В) с модуля питания. Для измерения анодного тока включить миллиамперметр постоянного тока с пределом 100 мА. Для измерения анодного напряжения использовать мультиметр. Последовательно с диодом включить токоограничивающий резистор  $R_1=150$  Ом.
2. Снять вольтамперную характеристику перехода металл – полупроводник на постоянном токе для прямой ветви. Для снятия характеристик регулировать напряжение на выходе источника питания; результаты измерений занести в таблицу, по которой построить прямую ветвь ВАХ;

3. Собрать схему для снятия обратной ветви ВАХ.
4. Определить параметры перехода металл – полупроводник: максимальное напряжение между анодом и катодом в открытом состоянии  $U_{am}$  при максимальном анодном токе  $I_{a\ max}$ , пороговое напряжение  $U_0$  и дифференциальное сопротивление  $r_d$ .
5. Построить ВАХ.

**Лабораторная работа 5**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ В**  
**ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ p-n – ПЕРЕХОДЕ НА ПРИМЕРЕ**  
**СВЕТОДИОДА**

1. Собрать схему для исследования p-n - перехода светодиода на постоянном токе в соответствии с принципиальной схемой. В качестве источника электропитания использовать регулируемый источник постоянного напряжения E1 (0...12 В) с модуля питания. Для измерения анодного тока включить миллиамперметр постоянного тока с пределом 100 мА. Для измерения анодного напряжения использовать мультиметр. Последовательно со светодиодом включить токоограничивающий резистор  $R1=1\ \text{кОм}$ .
2. Снять ВАХ p-n - перехода светодиода построить ее на рисунке.
3. Определить ток, при котором становится заметным свечение.

**Практическая работа 1**  
**РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛОТНОСТИ В**  
**НАНОРАЗМЕРНОМ КАНАЛЕ МОП-СТРУКТУРЫ**

1. Составить программу, реализующую следующие действия:
  - 1.1. Ввод необходимых переменных. Рекомендуется использование следующих переменных для величин:
    - $\gamma_1, \text{эВ} - g_1, \gamma_2, \text{эВ} - g_2$ ; сумма значений  $(\gamma_1, +\gamma_2)$ , - g;
    - массив со значениями сетки по энергии E, эВ E;
    - количество значений шагов по сетке энергии NE;
    - шаг по сетке энергии dE.
  - 1.2. Составить сетку по энергии в виде массива E, необходимого для расчета распределения электронной плотности.

- 1.3. Рассчитать распределения электронной плотности  $D_e(E)$ , в соответствии с условиями выданного варианта задания с построением графиков и вычислением площади, расположенной между осью энергии и линией зависимости  $D_e(E)$ . Эта площадь рассчитывается как определенный интеграл в диапазоне от минимального значения энергии по сетке энергии до максимального значения. Вычисление распределения электронной плотности в наноканале выполнить с использованием функции Лоренца .
2. Результаты расчетов занести в таблицу.
3. На основе анализа полученных результатов выяснить влияние параметров  $\gamma_1$ , и  $\gamma_2$  на характер распределения электронной плотности в наноразмерном канале, в выводах указать, при каких значениях  $\gamma_1$ , и  $\gamma_2$  вид распределения электронной плотности приближается в дельта-образному, а при каком к диффузному.
4. На основе анализа расчетных данных определить оптимальный диапазон значений сетки по энергии, необходимый для корректного расчета распределения электронной плотности в наноканале МОП-структуры. В качестве критерия выбора оптимального диапазона по сетке энергии, необходимо использовать внешний вид графиков и абсолютное значение рассчитанных определенных интегралов.
5. На основе анализа экспериментальных данных определить оптимальное значение шага по сетке энергии. Для этих целей необходимо провести численный эксперимент с уже оптимально подобранными диапазонами энергий  $E$  последовательно уменьшая величину  $N$ . Критериями для сравнения расчетных экспериментов служат внешний вид зависимостей (зависимости должны быть гладкими) и абсолютное значение определенных интегралов (их значения должны стремиться к единице).

## **Практическая работа 2**

### **РАСЧЕТ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОП-СТРУКТУРЫ С НАНОРАЗМЕРНЫМ КАНАЛОМ**

1. При моделировании вольт-амперной характеристики МОП-структуры с наноразмерным каналом следует придерживаться следующей

обобщенной схемы, заключающейся в самосогласованном расчете величин потенциала внутри канала (потенциальной энергии)  $U$  и числа электронов  $N$ , используя, соответственно, выражения (8) и (5). Следует обратить внимание на то, что в правую часть уравнения (5) входит величина  $U$ , которая, в свою очередь, зависит от  $N$  через соотношение (8). Следовательно, эти два уравнения должны решаться одновременно, т. е. «самосогласованно». Это обычно выполняется с помощью итерационной процедуры. Критерием самосогласованного расчета по итерационной процедуре является сходимость по величине  $U$ . После того, как получена величина  $U$ , можно рассчитывать величину силы тока  $I$  по уравнению 2.

2. Расчет выполняется в соответствии с выданным вариантом задания, пример варианта задания приведен в табл. 1.
3. Для выполнения задания по моделированию вольт-амперной характеристики МОП-структуры с наноразмерным каналом выполните следующие действия:
  - 3.1. Перед началом работы рекомендуется установить режим ручного исполнения (ручное вычисление реализуется посредством нажатия клавиши F9) программы с целью предотвращения последующего бесконечно реализуемого итерационного процесса и устранения других ошибок программы. Автоматическое же вычисление установлено по умолчанию и реализуется по мере продвижения ползунка вниз по странице программы.
  - 3.2. Введите в программу необходимые константы и переменные (все величины вводить в единицах Си за исключением энергии, которая вводится в эВ):

– постоянная Планка  $\hbar = h/2\pi = 1,055 \cdot 10^{-34}$  (Дж·с)

– элементарный заряд  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл;

– произведение постоянной Больцмана на температуру  $k_B \bar{T}$ , Дж

– параметр  $U_0$ , В;

– энергия электронного уровня в канале  $\varepsilon$ , эВ;

–  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  эВ, для областей истока и стока, соответственно;

–  $\alpha_G$  и  $\alpha_D$ , входящие в выражение (7).

- 3.3. Произвести расчет электронной плотности состояний  $D_\varepsilon(E)$ , составив предварительно сетку по энергии  $E$
- 3.4. Учитывая диапазон напряжений на стоке относительно истока (см. выданный вариант задания), составить сетку по напряжению  $V$ , для которой будет производиться самосогласованный расчет  $U$  и  $N$  способом итераций.
- 3.5. Самосогласованно, с использованием итерационной процедуры, произвести расчет величин  $U$  и  $N$ . Расчет необходимо проводить для каждой точки сетки напряжений, которые будут рассматриваться на каждом цикле расчета как напряжения смещения МОП-структуры с наноразмерным каналом.
- 3.6. После окончания итерационной процедуры также во внешнем цикле «for» рассчитывается величина тока  $I(i)$  по уравнению (2), соответствующая текущему значению смещения по сетке напряжения. После окончания работы цикла «for», мы должны получить массивы:  $D(E)$  – плотность электронных состояний;  $E$  – сетка по энергии;  $N$  – количество электронов;  $I$  – величина тока;  $V$  – сетка по напряжению.
4. Вывести результаты расчетов в виде графических зависимостей  $D_\varepsilon(E)$ ,  $N(V)$ ,  $I(V)$ .

### **Практическая работа 3**

#### **РАСЧЕТ ВЫХОДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХБАРЬЕРНОЙ ОДНОЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ**

- 1.1. Перед началом работы рекомендуется установить режим ручного исполнения (ручное вычисление реализуется посредством нажатия клавиши F9) программы с целью предотвращения ошибок программы. Автоматическое вычисление установлено по умолчанию и реализуется по мере продвижения ползунка вниз по странице программы.
- 1.2. Введите в программу необходимые константы и переменные (все величины вводить в единицах Си):
  - постоянная Планка  $\hbar = h/2\pi = 1,055 \cdot 10^{-34}$  (Дж·с)
  - элементарный заряд  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.
- 1.3. Произвести расчет тока в зависимости от коэффициента прозрачности при смещении равном  $V=1$  В и  $V=3$  В. Значения коэффициента

прозрачности принимать равными  $D=0,1 - 1$  с шагом  $0,1$ ., значение емкости  $C=3$  фФ

- 1.4. Составить сетку по напряжению  $V$  в диапазоне от  $0$  до  $5$  В с шагом в  $0,05$  В, для которой будет производиться расчет ВАХ при различных значениях  $C$ . Рекомендуется задавать следующие значения  $C=1; 2; 3; 4; 5$  фФ при значении коэффициента прозрачности  $D=0,7$ .
- 1.5. Вывести результаты расчетов в виде зависимостей  $I(D)$ ,  $I(V)$

#### **Практическая работа 4**

### **РАСЧЕТ ВЫХОДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ КВАНТОВОГО КОЛЬЦЕВОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА**

- 1.1. Перед началом работы рекомендуется установить режим ручного исполнения (ручное вычисление реализуется посредством нажатия клавиши F9) программы с целью предотвращения ошибок программы. Автоматическое вычисление установлено по умолчанию и реализуется по мере продвижения ползунка вниз по странице программы.
- 1.2. Введите в программу расчета необходимые константы и переменные (все величины вводить в единицах Си):
  - постоянная Планка  $\hbar = h/2\pi = 1,055 \cdot 10^{-34}$  (Дж·с)
  - элементарный заряд  $q=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл;
- 1.3. Произвести расчет коэффициента прозрачности  $D$ , составив предварительно сетку по магнитной индукции  $B$  от  $0,5$  до  $1$  Тл с шагом в  $0,01$  Тл. При этом значение эффективного диаметра кольца взять равным  $d = 1$  мкм
- 1.4. Составить сетку по напряжению  $V$  в диапазоне от  $0$  до  $3$  В с шагом в  $0,05$  В, для которой будет производиться расчет ВАХ при различных значениях  $d$ . Рекомендуется задавать следующие значения  $d = 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5$  мкм,  $B=0,75$  Тл
- 1.5. Вывести результаты расчетов в виде зависимостей  $D(B)$ ,  $I(V)$ ,  $I(B)|_{d=const}$

#### **Контрольная работа (коллоквиум) № 1**

1. Влияние температуры на электропроводность полупроводников. Термисторы.
  2. Влияние светового облучения на электропроводность полупроводников. Фоторезисторы.
  3. n-p переход в равновесном состоянии.
  4. Анализ вольт-амперной характеристики n-p перехода. Идеальная и реальная ВАХ.
  5. Ширина и емкость n-p перехода.
  6. Физика работы и применение полевых транзисторов с n-p переходом.
  7. Пробой n-p перехода. Использование явления пробоя в приборах.
  8. Физика работы и применение туннельных диодов.
  9. Физика работы и применение диодов Ганна.
  10. Принцип действия и устройство биполярного транзистора.
  11. Переход металл-полупроводник. Диоды Шоттки.
  12. Типы и физические основы работы МДП транзисторов.
  13. Параметры и характеристики биполярных и МДП транзисторов, их сравнение.
  14. Физические основы работы полупроводниковых фотодиодов и фототранзисторов, их применение.
  15. Анализ вольт-амперной характеристики и режимы работы фотодиодов.
  16. Светоизлучающие полупроводниковые приборы.
  17. Гетеропереходы. Физика работы и применение.
  18. Микроэлектроника - основные понятия, классификация микросхем.
  19. Активные элементы микросхем.
  20. Пассивные элементы микросхем.
1. Корпускулярные и волновые свойства электронов.
  2. Термоэлектронная эмиссия, анализ уравнения Ричардсона - Дэшмана.
  3. Влияние адсорбции атомов и молекул на работу выхода электронов из металла. Пленочные термокатоды.
  4. Простые металлические термокатоды. Параметры и выбор материала катода.
  5. Полупроводниковые термокатоды. Оксидный катод.
  6. Основные закономерности фотоэлектронной эмиссии. Сложные полупроводниковые фотокатоды и их применение в приборах.

7. Основные закономерности вторичной электронной эмиссии. Физика работы и устройство фотоэлектронных умножителей.
8. Автоэлектронная эмиссия и ее применение.
9. Основные допущения и исходные предпосылки теории движения электронов в режиме объемного заряда. Вакуумные диоды.
10. Триоды. Устройство, принцип действия, параметры.
11. Физика работы и параметры тетродов и пентодов.
12. Основные принципы электронной оптики. Сходство и различия электронной и геометрической оптик.
13. Электростатические линзы.
14. Магнитные линзы.
15. Принципы построения и работы электронно-оптических систем.
16. Электростатическое отклонение электронных пучков.
17. Магнитное отклонение электронных пучков.
18. Осциллографические электронно-лучевые трубки - устройство и физика работы.
19. Черно-белые и цветные кинескопы - устройство и физика работы.
20. Передающие электронно-лучевые трубки.
21. Физика работы клистронов.
22. Лампы бегущей и обратной волны.
23. Физические основы работы магнетронов.
24. Типы столкновений электронов с тяжелыми частицами и их количественные характеристики.
25. Процессы образования возбужденных атомов и молекул в условиях разряда.
26. Процессы образования и гибели заряженных частиц в разрядах.

### **Контрольная работа (коллоквиум) № 2**

1. Несамостоятельный разряд и его применение в приборах.
2. Пробой разрядного промежутка. Закон Пашена.
3. Тлеющий разряд. Условия возникновения и феноменологическое описание.
4. Анализ процессов, структура и применение в приборах катодных областей разряда.
5. Физика и применение дугового разряда.

6. Физика и применение искрового разряда.
7. Плазма. Основные понятия, параметры, свойства.
8. Испускание и поглощение излучения при взаимодействии квантовых систем и электромагнитного поля. Коэффициенты Эйнштейна и связь между ними.
9. Инверсная населенность, условия ее возникновения, усиление сигнала в инверсной среде.
10. Форма и ширина спектральных линий.
11. Общее устройство и краткое описание основных элементов лазера.
12. Способы создания инверсной населенности.
13. Условия создания инверсной населенности. Двух, трех и четырех уровневые схемы, их сравнение.
14. Оптические резонаторы.
15. Свойства лазерного излучения (монохроматичность, когерентность, направленность, мощность).
16. Оптоэлектроника. Основные определения. Принципиальные преимущества оптоэлектронных приборов и устройств. Перспективы развития оптоэлектроники.
17. Светодиоды как источники излучения для оптоэлектроники.
18. Инжекционные полупроводниковые лазеры - физические основы работы.
19. Фотоэлектронные приемники излучения - общая характеристика и сравнение приемников различного типа. Фотоприемники на основе фоторезисторов и фотодиоды. Фототранзисторы.
20. Физические основы модуляции лазерного излучения. Оптические модуляторы. Дефлекторы.
21. Оптические световоды и волоконно-оптические кабели. Устройства для ввода и вывода сигнала, оптические разъемы, разветвители, смесители.
22. Структура волоконно-оптической линии связи и краткая характеристика ее основных элементов.
23. Голография, принцип работы голографического устройства для запоминания и хранения информации.
24. Органы зрения человека, их особенности, требования к системам отображения информации с этих позиций.
25. Сравнительная характеристика основных систем отображения информации.

26. Свойства жидких кристаллов и принципы их использования для отображения информации.
27. Жидкокристаллические экраны – структура и особенности. Достоинства и недостатки жидкокристаллических экранов.

### **Вопросы для тестирования**

I:

S: При бомбардировке твердого тела электронами его поверхность испускает:

- + : Электроны
- : Протоны
- : Нейтроны
- + : Рентгеновское излучение

I:

S: Явление вторичной электронной эмиссии состоит в испускании поверхностью твердого тела

- + : Электронов
- : Протонов
- : Ионов
- : Рентгеновского излучения

I:

S: Энергия вторичных электронов

- : Как правило превышает энергию первичных электронов
- : Равна нулю
- : Равна половине энергии первичных электронов
- + : Лежит в интервале от нуля до энергии первичных электронов

I:

S: Вид спектра вторичных электронов

- : Не зависит от энергии первичных электронов, но зависит от вида исследуемого материала
- : Зависит от энергии первичных электронов и от вида исследуемого материала
- : Не зависит от энергии первичных электронов и вида исследуемого материала
- + : Имеет общий характер для всех веществ

I:

S: Коэффициентом истинно вторичной эмиссии называют

+ : отношение числа истинно вторичных электронов к числу первичных электронов

- : отношение числа первичных электронов к числу истинно вторичных электронов

- : отношение числа электронов, эмитированных поверхностью твердого тела с энергией более 50 эВ к числу первичных электронов

- : отношение числа упруго отраженных электронов к числу первичных электронов

I:

S: Коэффициентом вторичной электронной эмиссии называют

- : отношение числа первичных электронов к числу истинно вторичных электронов

- : отношение числа упруго отраженных электронов к числу первичных электронов

- : отношение числа первичных электронов к числу всех вторичных электронов

+ : отношение числа всех вторичных электронов к числу первичных электронов

I:

S: Скол в сверхвысоком вакууме как один из методов очистки поверхности имеет следующие преимущества

- : Применим для любых материалов

+ : Простота применения

+ : Получаемая поверхность соответствует неискаженному объемному состоянию

- : Не требует дополнительного отжига

I:

S: Нагрев в сверхвысоком вакууме как один из методов очистки поверхности имеет следующие преимущества

- : Применим для любых материалов

+ : Простота применения

- : Получаемая поверхность соответствует неискаженному объемному состоянию

- : Не требует дополнительного отжига

+ : Позволяет удалять загрязнения, которые трудно удалить другими методами

I:

S: Нагрев в сверхвысоком вакууме как один из методов очистки поверхности имеет следующие недостатки

+ : Невозможность очистки легкоплавких материалов

- : Разрушение поверхности в результате ионной бомбардировки

+ : Нарушение стехиометрии анализируемого материала после очистки

- : Возможность применения только для ограниченного числа материалов

- : В случае монокристаллов возможно получение не любой, а только определенной плоскости

I:

S: Бомбардировка ионами инертных газов как один из методов очистки поверхности имеет следующие преимущества

+ : Применим для любых материалов

- : Простота применения

- : Получаемая поверхность соответствует неискаженному объемному состоянию

- : Не требует дополнительного отжига

+ : Позволяет удалять любые загрязнения

I:

S: В термопарном вакуумметре для измерения вакуума используется физический эффект

- : Деформация упругих материалов

- : Барометрический эффект

- : Молекулярное давление, вызванное тепловыми скоростями молекул

- : Трение тел, движущихся в газе

+ : Теплопроводность газа

- : Ионизация молекул газа

I:

S: В ионизационном вакуумметре для измерения вакуума используется физический эффект

- : Деформация упругих материалов

- : Барометрический эффект

- : Молекулярное давление, вызванное тепловыми скоростями молекул

-: Трение тел, движущихся в газе

-: Теплопроводность газа

+: Ионизация молекул газа

I:

S: Полупроводник, в котором влиянием примесей на электрофизические свойства можно пренебречь называется: ...

+: собственным

+: Собственным

+: собственным полупроводником

+: Собственным полупроводником

+: собственный полупроводник

I:

S: Полупроводник, в котором содержание активных примесей сказывается на электрофизических свойствах, называется: ...

+: примесным

+: Примесным

+: легированным

I:

S: Полупроводник, содержащий как акцепторы, так и доноры называется: ...

+: компенсированным

+: Компенсированным

+: Компинсированным

+: компинсированным

I:

S: Энергетический спектр изолированных атомов носит ... характер.

+: дискретный

+: Дистретный

+: дискрет\*

I:

S: При образовании твердого тела дискретные энергетические уровни изолированных атомов расщепляются, образуя энергетические ...

+: зоны

+: Зоны

+: Сплошную зону

I:

S: Спектр электронных состояний в зоне проводимости носит .....характер.

-: непрерывный

-: дискретный

+: квазинепрерывный

-: монотонный

I:

S: Энергетический зазор между дискретными состояниями в зоне по порядку величины составляет....

-:  $10^{-11}$  эВ

-:  $10^{-17}$  эВ

+:  $10^{-22}$  эВ

-:  $10^{-2}$  эВ

I:

S: Согласно принципу ... на энергетическом уровне может находиться не более двух электронов с противоположными значениями спинового магнитного момента.

+: Паули

+: паули

I:

S: Зона неразрешенных энергетических состояний между валентной зоной и зоной проводимости называется: ...

+: запрещенной

+: запрещенной зоной

+: запретной зоной

+: запретной

+: запр\*

I:

S: Максимально возможная энергия свободного электрона в металле при температуре близкой к абсолютному нулю равна.....

+: энергии Ферми

+: уровню Ферми

I:

S: Энергетический уровень, вероятность заполнения которого равна  $1/2$ , называется:...

+: уровнем Ферми

+ : уровень Ферми

+ : энергией Ферми

+ : уровнем ферми

I:

S: Распределение электронов по квантовым состояниям в разрешенных энергетических зонах описывается функцией ....

+ : Ферми - Дирака

+ : ферми - дирака

+ : фермидирака

I:

S: Для вырожденного электронного газа применяют распределение.....

- : Максвелла-Больцмана

+ : Ферми - Дирака

- : Бозе - Эйнштейна

I:

S: К полупроводникам n-типа относятся полупроводники, в которых основными носителями заряда являются: ...

+ : электроны

- : дырки

- : экситоны

- : поляроны

I:

S: К полупроводникам p-типа относятся материалы, в которых основными носителями заряда являются: ...

- : электроны

+ : дырки

- : экситоны

- : поляроны

I:

S: Донорная примесь дает в запрещенной зоне дискретные энергетические уровни располагающиеся вблизи:...

+ : зоны проводимости

- : валентной зоны

- : середины запрещенной зоны

I:

S: Акцепторная примесь дает в запрещенной зоне дискретные энергетические уровни располагающиеся вблизи:...

-: зоны проводимости

+: валентной зоны

-: середины запрещенной зоны

I:

S: В сильно вырожденном акцепторном полупроводнике уровень Ферми лежит ниже потолка валентной зоны на ....

-:  $kT$

-:  $3kT$

+:  $5kT$

I:

S: Величина произведения концентрации основных и на концентрацию неосновных носителей заряда для невырожденного полупроводника при заданной температуре и давлении ... от уровня легирования

+: не зависит

-: зависит

I:

S: При высоких температурах основными механизмами рассеяния носителей заряда в полупроводниках являются: ...

+: рассеяние на фононах

-: рассеяние на нейтральных примесях

-: рассеяние на ионизированных примесях

-: I

-: 1

-: III

-: 3

S: I:

S: Повышение концентрации примесей приводит к ... температуры истощения полупроводника.

+: увеличению

+: возрастанию

+: повышению

I:

S: В невырожденном полупроводнике температура, при которой уровень

Ферми выходит на акцепторный или донорный уровень называется температурой: ....

-: вымораживания

-: обогащения

+: истощения

I:

S: Температурный диапазон, при котором доля носителей заряда обусловленных ионизацией атомов полупроводника значительно превышает долю электронов, обусловленных ионизацией примесей называется интервалом: ....

+: собственной проводимости

-: обогащения

-: истощения

I:

S: В интервале истощения концентрация носителей заряда ... с повышением температуры.

+: не изменяется

-: повышается

-: уменьшается

I:

S: В интервале истощения электропроводность полупроводника с повышением температуры ...

+: не изменяется

-: повышается

-: уменьшается

I:

S: Процесс, приводящий к увеличению концентрации носителей заряда под действием внешних факторов, называется: ....

+: генерацией

I:

S: Носители заряда избыточные по отношению к равновесным называются:

...

+: неравновесными

I:

S: Процесс, приводящий к уменьшению концентрации неравновесных

носителей заряда, после прекращения внешнего воздействия на полупроводник называется: ...

+ : рекомбинацией

I :

S : Скорость уменьшения концентрации неравновесных носителей заряда в единицу времени называется скоростью: ....

+ : рекомбинации

I :

S : Скорость увеличения концентрации неравновесных носителей заряда в единицу времени называется скоростью: ....

+ : генерации

I :

S : К факторам, приводящим к генерации неравновесных носителей заряда можно отнести: ....

- : повышение температуры

- : электромагнитное облучение

+ : повышение давления

I :

S : К факторам, под действием которых происходит генерация неравновесных носителей заряда можно отнести: ....

- : повышение температуры

+ : электромагнитное облучение

+ : повышение давления

I :

S : .... поглощение носит нерезонансный характер.

+ : внутрizonное

- : экситонное

- : примесное

I :

S : Генерацию носителей заряда, при которой в результате оптического возбуждения возникают пары - электрон и дырка, называют: ....

+ : биполярной генерацией

I :

S : Генерацию носителей заряда, при которой в результате оптического возбуждения возникают пары - электрон и дырка, называют: ....

+: биполярной генерацией

I:

S: ... - образование особых возбужденных состояний электронов валентной зоны, которые представляют собой систему из взаимосвязанных собственными электростатическими полями электрона и дырки

+: экситон

I:

S: Если энергия, освобождающаяся в процессе рекомбинации, передается третьему свободному носителю заряда, рекомбинацию называют: ...

-: безызлучательной

-: фононной

+: ударной

-: фотонной

-: излучательной

I:

S: Дефект кристаллической решетки, способный захватить электрон из зоны проводимости и дырку из валентной зоны, осуществляя их рекомбинацию, называют ...

+: рекомбинационной ловушкой

I:

S: При межзонной излучательной рекомбинации испускается квант света, энергия которого равна ...

+: ширине запрещенной зоны

+:  $W_g$

I:

S: ... - величина, численно равная обратному отношению толщины образца, при прохождении которой свет теряет начальную интенсивность  $e$  раз.

+: коэффициент поглощения

I:

S: Расставьте материалы по возрастанию длины волны максимума собственного поглощения

1: германий

2: кремний

3: арсенид галлия

I:

S: Нетепловое электромагнитное излучение, обусловленное длительной релаксацией возбужденных состояний в полупроводнике, называется: ...

+: люминесценцией

I:

S: В полупроводниках под действием сильных электрических полей порядка ... и выше полевая зависимость электропроводности отклоняется от закона Ома.

+:  $10^6$  В/м

I:

S: В полупроводниках термоэлектронная ионизация наблюдается в электрических полях порядка ....

+:  $10^6$  В/м

I:

S: Явление, когда под действием электрического поля электрон ускоряясь на длине свободного пробега, приобретает энергию достаточную для ионизации собственных атомов полупроводника, называется ....

+: ударной ионизацией

I:

S: В полупроводниках явление электростатической ионизации наблюдается в электрических полях порядка ....

+:  $10^8$  В/м

I:

S: В условиях сильных электрических полей подвижность носителей заряда в полупроводниках ....

+: возрастает

+: убывает

-: может, как возрастать, так и убывать

I:

S: В ... году был открыт эффект Ганна.

+: 1963

I:

S: Появление высокочастотных колебаний в цепи постоянного тока с последовательно включенным образцом полупроводника находящимся под действием сильного электрического поля называется ....

+: эффектом Ганна

I:

S: Впервые эффект Ганна был открыт на полупроводниковых образцах .... n - типа проводимости.

+: арсенид галлия

-: фосфид галлия

-: антимонид сурьмы

-: фосфид мышьяка

I:

S: Показатель преломления среды состоит из:

+: действительной и мнимой части;

-: действительной части;

-: мнимой части.

I:

S: Действительная часть коэффициента преломления характеризует:

-: коэффициент поглощения в среде;

-: коэффициент затухания электромагнитной волны;

+: коэффициент прохождения в среде;

-: скорость распространения электромагнитной волны в среде.

I:

S: Мнимая часть коэффициента преломления характеризует:

+: коэффициент поглощения в среде;

+: коэффициент затухания электромагнитной волны;

-: коэффициент прохождения в среде;

-: скорость распространения электромагнитной волны в среде.

I:

S: Инверсия населенности – это состояние, при котором:

+: населенность уровня с большей энергией превышает населенность уровня с меньшей энергией;

-: населенность уровня увеличивается;

-: населенность уровня максимальна.

I:

S: Если в среде имеется инверсия населенности, то в среде возможно:

-: поглощение электромагнитной волны;

+: преломление электромагнитной волны;

+: усиление электромагнитной волны;

-: рассеяние электромагнитной волны;

I:

S: Достаточным условием возникновения оптического усиления в среде является:

+: превышение интенсивности генерации света над потерями;

-: превышение излучения над поглощением света;

-: превышение поглощения над излучением света;

I:

S: Мазер - это:

-: квантовый генератор излучения в оптическом диапазоне;

+: квантовый генератор излучения в радиочастотном диапазоне;

-: квантовый генератор излучения в гамма-диапазоне.

I:

S: Лазер - это:

+: квантовый генератор излучения в оптическом диапазоне;

-: квантовый генератор излучения в радиочастотном диапазоне;

+: квантовый генератор излучения в гамма-диапазоне.

I:

S: Активной средой называют среду, в которой:

+: имеется инверсия населенностей;

-: имеется активный газ;

-: частицы находятся при заданной температуре;

-: распространяется электромагнитная волна.

I:

S: Процесс возбуждения активной среды называется:

-: наддувкой;

-: надстройкой;

-: накачкой.

I:

S: Накачка может осуществляться:

+: облучением светом;

+: электрическим током;

+: с помощью химической реакции;

-: трением кристаллов.

I:

S: Лазерный резонатор служит для:

- : направления излучения на объект;
- + : подачи части мощности излучения с выхода усилителя на вход;
- : создания непрерывного лазерного луча.

I:

S: В лазерном резонаторе применяют:

- + : плоские зеркала;
- + : сферические зеркала;
- + : плоские и сферические зеркала;
- + : выпуклые и вогнутые зеркала;
- : кривые зеркала.

I:

S: Резонатор Фабри-Перо состоит из:

- : из плоского и сферического зеркал;
- + : двух плоских зеркал;
- : двух сферических зеркал.

I:

S: В лазерном резонаторе в общем возможны:

- + : различные продольные и поперечные колебания;
- : различные продольные колебания.

I:

S: Мода колебания - это:

- + : интенсивность поперечных колебаний;
- + : различный тип колебаний в резонаторе;
- : значение частоты колебаний в резонаторе.

I:

S: Режим работы лазера:

- + : непрерывный;
- + : свободной генерации;
- + : с модуляцией добротности;
- : с амплитудной модуляцией.

I:

S: Длительность импульса излучения лазера в режиме модуляции добротности составляет:

- : 1-10 мс;

-: 1-10 с;

+: 1-10 мкс;

+: 1-50 нс.

I:

S: Активным веществом в твердотельных лазерах чаще всего являются:

+: кристаллы рубина;

-: кристаллы рубидия;

+: стекло активированное неодимом;

+: кристаллы алюмоиттриевого граната активированного неодимом.

I:

S: Оптические переходы в рубине осуществляются в:

-: в атомах кислорода;

+: в атомах хрома.

I:

S: Основным элементом полупроводникового лазера является:

+: электронно-дырочный переход;

-: контактные площадки к областям лазера.

I:

S: Наиболее распространенные газовые лазеры:

-: метановый;

+: азотный;

+: гелий-неоновый;

+: углекислый газ;

+: аргонный;

I:

S: Принцип работы лавинного фотодиода основан на:

+: лавинном умножении носителей электрическим полем обратно смещенного перехода;

-: лавинном умножении носителей электрическим полем прямо смещенного перехода;

-: генерации лавины света в объеме диода.

I:

S: При воздействии света на фоторезистор в приборе изменяется:

-: емкость;

-: температура;

-: время жизни носителей;

+: сопротивление.

I:

S: В основе большинства приборов оптоэлектроники лежит:

-: преобразование квантов света в электрический ток;

+: генерация пар электронов и дырок вследствие внутреннего фотоэффекта;

-: преобразование квантов света в электрическое напряжение.

I:

S: Для повышения квантовой эффективности фотодиодов необходимо:

+: снижать концентрацию примеси и увеличивать толщину слоев, в которых происходит поглощение квантов света;

-: снижать сопротивление всех слоев структуры прибора;

-: повышать рабочую температуру прибора.

I:

S: В фототранзисторе излучение подается на:

+: открытую часть перехода база-коллектор;

-: открытую часть перехода эмиттер-коллектор.

I:

S: Гетероструктура – это структура, состоящая:

-: из двух или более полупроводниковых областей;

+: из двух или более разнородных полупроводниковых областей;

-: из двух или более разнородных областей;

-: из полупроводниковых и диэлектрических областей;

-: из полупроводниковых и металлических областей.

I:

S: На основе гетероструктур возможно создание:

+: гетеротранзисторов;

+: фотоприемников;

+: фотопреобразователей;

+: фотодиодов;

-: фоторезисторов.

I:

S: Слой  $i$  в  $pin$ -диоде - это:

+: слой полупроводника с собственной проводимостью;

-: слой полупроводника с инверсной проводимостью;

-: слой полупроводника с противоположным типом проводимости;

I:

S: В pin-диоде поглощение света происходит:

-: во всем объеме прибора;

+: в i-слое;

-: вблизи омических контактов.

I:

S: Сверхрешетка - это:

+: структура, состоящая из чередующихся слоев полупроводников с различной шириной запрещенной зоны;

-: структура, состоящая из чередующихся слоев полупроводника и диэлектрика;

+: структура, состоящая из чередующихся слоев кремния и германия;

I:

S: Типичная толщина слоев полупроводника в сверхрешетке составляет порядка:

-: 1-10 мкм;

+: 1-10 нм;

-: менее 1 нм;

I:

S: Наиболее часто в качестве материалов сверхрешетки используются:

-: кремний и фосфид индия;

+: арсенид галлия и арсенид галлий-алюминий;

-: кремний и алюминий.

I:

S: Квантовые нити - это:

-: нульмерные структуры;

-: одномерные структуры;

+: двумерные структуры;

-: трехмерные структуры.

I:

S: Квантовые точки:

+: нульмерные структуры;

-: одномерные структуры;

-: двумерные структуры;

-: трехмерные структуры.

I:

S: В квантовых нитях движение электронов ограничено:

+: в двух плоскостях;

-: в одной плоскости;

-: в трех плоскостях.

I:

S: В квантовых точках движение электронов ограничено:

-: в двух плоскостях;

-: в одной плоскости;

+: в трех плоскостях.

I:

S: В сверхрешетках движение электронов ограничено:

-: в двух плоскостях;

+: в одной плоскости;

-: в трех плоскостях.

I:

S: Баллистический перенос электрона возможен, если длина свободного пробега электрона

+:  $L > d$  ( $d$ -длина проводника)

-:  $L < d$

-:  $L = d$

I:

S: В рентгеновской литографии используют длину волны около:

+: 1 нм

-: 10 нм

-: 100 нм

I:

S: Эффект Ааронова - Бома - это:

+: зависимость фазы электронной волны  $\Phi$  от магнитной индукции  $B$

-: зависимость электропроводимости от  $B$

-: зависимость амплитуды электронной волны  $A$  от  $B$

I:

S: Процесс «резонансного туннелирования» имеет место, когда энергетические уровни двух соседних потенциальных ям имеют:

+: одинаковую энергию

-: энергию больше чем тепловая энергия КТ

-: энергию меньше КТ

I:

S: В квантовой яме движение электрона ограничено:

+: по одной координате

-: по двум координатам

-: по трем координатам

I:

S: Одноэлектронное туннелирование имеет место:

+: в квантово-размерных приборах

-: в баллистических приборах

-: в массивных приборах

I:

S: Квант проводимости  $G$  определяется формулой:

+:  $2e^2/h$

-:  $2e/h$

-:  $2e^3/h$

I:

S: Углеродные нанотрубки - это:

+: цилиндрические молекулы диаметром  $\sim 1$  нм и длиной несколько микрометров

-: правильные пятиугольники в графитовом листе, который можно свернуть в трубку

-: это молекула углерода, состоящая из 60-ти атомов углерода

I:

S: В фотонном кристалле возникает:

+: голубой сдвиг частоты света;

-: запрещенная зона для фотонов определенных частот.

I:

S: Искусственные фотонные кристаллы могут быть:

-: полные и неполные;

+: одномерные, двумерные, трехмерные.

I:

S: Волоконная линия связи - это:

+ : кварцевый световод, в котором может распространяться лазерный луч;

- : линия, в которой распространяются электромагнитные волны.

I:

S: Оптоволокно состоит из:

- : центрального волновода и полиэтиленового защитного слоя;

+ : сердцевины и оболочки

### **3.2. Оценочные материалы для промежуточной аттестации**

Зачет и экзамен проводятся по билетам. В каждом билете 2 теоретических вопроса.

#### **Экзаменационные вопросы**

1. Влияние температуры на электропроводность полупроводников. Термисторы.
2. Влияние светового облучения на электропроводность полупроводников. Фоторезисторы.
3. n-p переход в равновесном состоянии.
4. Анализ вольт-амперной характеристики n-p перехода. Идеальная и реальная ВАХ.
5. Ширина и емкость n-p перехода.
6. Физика работы и применение полевых транзисторов с n-p переходом.
7. Пробой n-p перехода. Использование явления пробоя в приборах.
8. Физика работы и применение туннельных диодов.
9. Физика работы и применение диодов Ганна.
10. Принцип действия и устройство биполярного транзистора.
11. Переход металл-полупроводник. Диоды Шоттки.
12. Типы и физические основы работы МДП транзисторов.
13. Параметры и характеристики биполярных и МДП транзисторов, их сравнение.
14. Физические основы работы полупроводниковых фотодиодов и фототранзисторов, их применение.
15. Анализ вольт-амперной характеристики и режимы работы фотодиодов.
16. Светоизлучающие полупроводниковые приборы.
17. Гетеропереходы. Физика работы и применение.
18. Микроэлектроника - основные понятия, классификация микросхем.

19. Активные элементы микросхем.
20. Пассивные элементы микросхем.
21. Корпускулярные и волновые свойства электронов.
22. Термоэлектронная эмиссия, анализ уравнения Ричардсона - Дэшмана.
23. Влияние адсорбции атомов и молекул на работу выхода электронов из металла. Пленочные термокатоды.
24. Простые металлические термокатоды. Параметры и выбор материала катода.
25. Полупроводниковые термокатоды. Оксидный катод.
26. Основные закономерности фотоэлектронной эмиссии. Сложные полупроводниковые фотокатоды и их применение в приборах.
27. Основные закономерности вторичной электронной эмиссии. Физика работы и устройство фотоэлектронных умножителей.
28. Автоэлектронная эмиссия и ее применение.
29. Основные допущения и исходные предпосылки теории движения электронов в режиме объемного заряда. Вакуумные диоды.
30. Триоды. Устройство, принцип действия, параметры.
31. Физика работы и параметры тетродов и пентодов.
32. Основные принципы электронной оптики. Сходство и различия электронной и геометрической оптики.
33. Электростатические линзы.
34. Магнитные линзы.
35. Принципы построения и работы электронно-оптических систем.
36. Электростатическое отклонение электронных пучков.
37. Магнитное отклонение электронных пучков.
38. Осциллографические электронно-лучевые трубки - устройство и физика работы.
39. Черно-белые и цветные кинескопы - устройство и физика работы.
40. Передающие электронно-лучевые трубки.
41. Физика работы клистронов.
42. Лампы бегущей и обратной волны.
43. Физические основы работы магнетронов.
44. Типы столкновений электронов с тяжелыми частицами и их количественные характеристики.

45. Процессы образования возбужденных атомов и молекул в условиях разряда.
46. Процессы образования и гибели заряженных частиц в разрядах.
47. Несамостоятельный разряд и его применение в приборах.
48. Пробой разрядного промежутка. Закон Пашена.
49. Тлеющий разряд. Условия возникновения и феноменологическое описание.
50. Анализ процессов, структура и применение в приборах катодных областей разряда.
51. Физика и применение дугового разряда.
52. Физика и применение искрового разряда.
53. Плазма. Основные понятия, параметры, свойства.
54. Испускание и поглощение излучения при взаимодействии квантовых систем и электромагнитного поля. Коэффициенты Эйнштейна и связь между ними.
55. Инверсная населенность, условия ее возникновения, усиление сигнала в инверсной среде.
56. Форма и ширина спектральных линий.
57. Общее устройство и краткое описание основных элементов лазера.
58. Способы создания инверсной населенности.
59. Условия создания инверсной населенности. Двух-, трех и четырех уровневые схемы, их сравнение.
60. Оптические резонаторы.
61. Свойства лазерного излучения (монохроматичность, когерентность, направленность, мощность).
62. Оптоэлектроника. Основные определения. Принципиальные преимущества оптоэлектронных приборов и устройств. Перспективы развития оптоэлектроники.
63. Светодиоды как источники излучения для оптоэлектроники.
64. Инжекционные полупроводниковые лазеры - физические основы работы.
65. Фотоэлектронные приемники излучения - общая характеристика и сравнение приемников различного типа. Фотоприемники на основе фоторезисторов и фотодиоды. Фототранзисторы.
66. Физические основы модуляции лазерного излучения. Оптические модуляторы. Дефлекторы.

67. Оптические световоды и волоконно-оптические кабели. Устройства для ввода и вывода сигнала, оптические разъемы, разветвители, смесители.
68. Структура волоконно-оптической линии связи и краткая характеристика ее основных элементов.
69. Голография, принцип работы голографического устройства для запоминания и хранения информации.
70. Органы зрения человека, их особенности, требования к системам отображения информации с этих позиций.
71. Сравнительная характеристика основных систем отображения информации.
72. Свойства жидких кристаллов и принципы их использования для отображения информации.
73. Жидкокристаллические экраны – структура и особенности. Достоинства и недостатки жидкокристаллических экранов.