

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 05.09.2025 12:07:09  
Уникальный электронный журнал по:  
04c19ed8b6b0c9c914316e9d441d4c7



МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Полупроводниковая электроника» по направлению подготовки (специальности) 03.03.03 «Радиофизика» направленности (профилю) «Телекоммуникационные системы и информационные технологии» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 1

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)  
Полупроводниковая электроника**

Направление подготовки (специальность)  
**03.03.03 Радиофизика**

Направленность (профиль)  
**Телекоммуникационные системы и информационные технологии**

Присваиваемая квалификация (степень)  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Год набора 2025

Челябинск, 2025 г.



## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
  - 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
  - 3.1. Виды оценочных средств
  - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
  - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
  - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
  - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль): Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Дисциплина: Полупроводниковая электроника

Семестр: 7

Форма промежуточной аттестации: зачет

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках бинарной системы «зачтено», «не зачтено».

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Полупроводниковая электроника» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области физики и радиофизики. ОПК-1.2. Демонстрирует умение решать задачи, формулируемые в рамках физики и радиофизики. ОПК-1.3. Имеет навыки использования основных понятий, теорем, законов физики и радиофизики для решения задач профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.	Для достижения индикатора ОПК-1.1: Знать базовые понятия, полученные в области физики и радиофизики (физические явления в полупроводниковых приборах, основные свойства полупроводниковых приборов, область их применения, основные принципы, законы построения и функционирования электронных систем, теоретические и экспериментальные методы оценки параметров полупроводниковых приборов, основные направления развития полупроводниковых приборов и устройств). Для достижения индикатора ОПК-1.2: Уметь решать задачи, формулируемые в рамках физики и радиофизики (применять, эксплуатировать и производить выбор полупроводниковых приборов, применять различные полупроводниковые приборы при разработке радиоэлектронных схем, измерять заданные параметры полупроводниковых приборов, самостоятельно осваивать новые полупроводниковые приборы и основанные на них устройства). Для достижения индикатора ОПК-1.3: Владеть навыками использования основных понятий, теорем, законов



			физики и радиофизики для решения задач профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности (навыками использования радиоэлектронной аппаратуры, методами радиофизических измерений, навыками поиска и анализа информации).
--	--	--	---

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1.	<u>ОПК-1</u>	Зонная теория и равновесные и неравновесные носители заряда	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Контрольные вопросы к лабораторным работам №1-34; Тест (Раздел 1); Отчеты за лабораторные работы. Вопросы к зачету №1-6.
		Контактные явления в полупроводниках, полупроводниковые диоды, транзисторы, диносторы и тиристоры	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Контрольные вопросы к лабораторным работам №1-34; Тест (Раздел 2); Отчеты за лабораторные работы. Вопросы к зачету №7-34.
		Поглощение света и фотоэлектрические явления в полупроводниках	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Контрольные вопросы к лабораторным работам №26-34; Тест (Раздел 3); Отчеты за лабораторные работы. Вопросы к зачету №24-28.



### 3.2 Содержание оценочных средств

#### Контрольные вопросы для текущего контроля:

1. Какова природа возникновения контактной разности потенциалов на границе металл-полупроводник?
2. Нарисуйте схему энергетических уровней в области контакта металл-полупроводник n- и p-типа при работе выхода из металла больше, чем работа выхода из полупроводника, и наоборот без подачи внешнего напряжения.
3. Нарисуйте схему энергетических уровней в области контакта металл-полупроводник n- или p-типа при подаче внешнего поля.
4. Получите выражение для тока через контакт металл-полупроводник согласно диодной теории.
5. Получите выражение для тока через контакт металл-полупроводник согласно диффузионной теории.
6. Какова природа возникновения контактной разности потенциалов на границе контакта n- и p-полупроводников?
7. Почему в области контакта n- и p-полупроводников возникает потенциальный барьер?
8. Объясните на энергетической диаграмме p-n-перехода, как изменяется высота потенциального барьера при приложении к переходу внешнего смещения (прямого и обратного)?
9. Объясните причины, приводящие к различию между токами при прямом и обратном включениях полупроводникового диода.
10. Объясните температурную зависимость прямого и обратного токов через полупроводниковый диод.
11. Объясните устройство и принцип действия биполярного транзистора.
12. Почему в рабочем режиме к коллекторному переходу прикладывается обратное напряжение?
13. Объясните причину температурного дрейфа характеристик транзисторов.
14. Почему входные характеристики кремниевых и германиевых транзисторов сдвинуты друг относительно друга вдоль оси напряжений?
15. Как по сдвигу входных характеристик германиевого и кремниевого транзисторов оценить разницу в ширине запрещенной зоны?
16. Почему область p-n-перехода называют обедненным слоем?
17. Что такое барьерная емкость p-n-перехода и каков механизм ее возникновения?
18. Как изменяется величина барьерной емкости p-n-перехода в зависимости от обратного смещения?
19. Нарисуйте график изменения плотности объемного заряда для резкого и плавного p-n-переходов.
20. Что такое диффузионная емкость p-n-перехода и каков механизм ее возникновения?
21. Какова природа туннельного эффекта?
22. Как рассчитываются туннельные токи через p-n-переход при равновесии?
23. Как рассчитывается ток через туннельный диод при подаче обратного смещения?
24. Как рассчитывается ток через туннельный диод при прямом смещении?
25. Каковы основные особенности вольт-амперной характеристики туннельного диода?
26. Объяснить причину возникновения фото-э.д.с.
27. Записать уравнение для токов через фотоэлемент для разомкнутой цепи в темноте.
28. Записать уравнение для токов через фотоэлемент для разомкнутой цепи при наличии освещения.



29. Вывести основное уравнение полупроводникового фотоэлемента.
30. Получить выражения для напряжения и тока через нагрузку фотоэлемента.
31. Почему фототок и ток короткого замыкания равны друг другу?
32. Какова связь между напряжением холостого хода и плотностью потока излучения?
33. Вывести уравнение для вольт-амперной характеристики фотоприемника, работающего в фотодиодном режиме.
34. Почему вольт-амперная характеристика фотодиода в четвертом квадранте совпадает с вольт-амперной характеристикой фотоэлемента?

Задания к лабораторным работам студенты выполняют в течение семестра во время проведения лабораторных занятий и в форме самостоятельной работы. Каждая работа включает пять стадий: ответ на контрольные вопросы (допуск к работе), выполнение работы на экспериментальной установке, проведение расчетов и построение графиков согласно заданию, оформление отчета, сдача отчета преподавателю. В течение семестра студент должен сдать отчет по каждой лабораторной работе. Отчет по теме считается сданным во время, если он сдан в течение месяца после проведения лабораторной работы. После сдачи отчетов по всем работам студент получает 37 баллов и получает допуск к сдаче зачета по теоретической части курса.

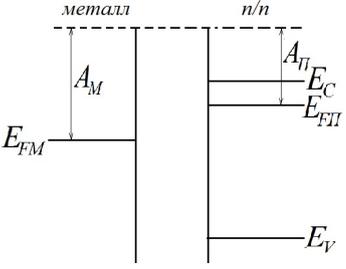
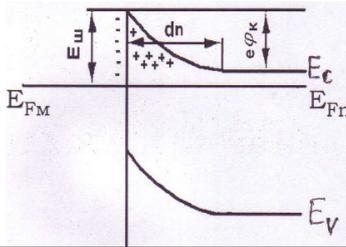
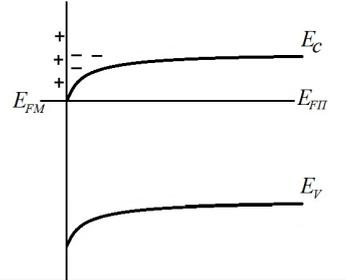
#### База тестовых вопросов

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Раздел 1. Зонная теория. Равновесные и неравновесные носители заряда		
1	Вычислить $ e^{i\vec{k}\vec{a}_n} ^2$	1
2	Является ли функция Блоха волной	1. нет 2. да
3	Какой периодичностью обладает функция Блоха	1. одномерной 2. двухмерной 3. трехмерной
4	Зависит ли энергия электрона в кристалле от волнового вектора	1. нет 2. да
5	Чему равна длина волны функции Блоха в одномерном кристалле с постоянной решетки, равной $a$ ?	1. $\lambda = 2a$ 2. $\lambda = 2\pi a$ 3. $\lambda = a$
6	Квазиимпульс электрона в кристалле это	1. $m_e v$ 2. $\hbar \vec{k}$
7	Зависит ли эффективная масса электрона от направления	1. да 2. нет
8	Какой знак имеет эффективная масса электрона у потолка энергетической зоны?	1. отрицательный 2. положительный
9	Как зависит масса электрона от формы минимума дисперсионной кривой	1. чем уже минимум, тем масса электрона меньше 2. чем уже минимум, тем масса электрона больше
10	В донорном полупроводнике концентрация	1. $\tau_n = \tau_p$



	электронов $n$ больше концентрации дырок $p$ в 10 раз. Как соотносятся их времена жизни $\tau_n$ и $\tau_p$ ?	2. $\tau_n = 10\tau_p$ 3. $\tau_n = \frac{1}{10}\tau_p$
11	Чему равен эффективный коэффициент диффузии $D_{эфф}$ в донорном полупроводнике, в котором концентрация электронов значительно превышает концентрацию дырок? ( $D_n$ – коэффициент диффузии электронов, $D_p$ – коэффициент диффузии дырок.)	1. $D_{эфф} = D_n$ 2. $D_{эфф} = D_p$ 3. $D_{эфф} = D_n \cdot D_p$
12	Как связана диффузионная длина $L$ (глубина проникновения неравновесных носителей вглубь полупроводника) с временем жизни неравновесных носителей заряда $\tau$ ?	1. $L \sim \sqrt{\tau}$ 2. $L \sim \tau$ 3. $L \sim \tau^2$
13	Как связаны между собой максвелловское время релаксации $\tau_M$ и электропроводность $\sigma_0$ ?	1. $\tau_M \sim \sigma_0$ 2. $\tau_M \sim \frac{1}{\sigma_0}$
Раздел 2. Контактные явления в полупроводниках, полупроводниковые диоды, транзисторы, диносторы и тиристоры		
14	Условие, при котором дифференциальная проводимость полупроводника является отрицательной величиной.	1. $\frac{du}{d\varepsilon} < 0$ 2. $\frac{du}{d\varepsilon} < -\frac{u}{\varepsilon}$
15	Отношение подвижностей электронов в узком (нижнем) $u_1$ и широком (верхнем) $u_2$ минимумах дисперсионной кривой арсенида галлия равно $\frac{u_1}{u_2} \approx 40$ . Чему равно отношение соответствующих масс электронов $m_1$ и $m_2$ ?	1. $\frac{m_1}{m_2} \approx 40$ 2. $\frac{m_2}{m_1} \approx 40$
16	электростатический домен, образовавшийся в арсениде галлия, обеднен или обогащен носителями заряда?	1. Обогащен 2. Обеднен
17	Как изменяется общее сопротивление образца арсенида галлия после возникновения электростатического домена?	1. Уменьшается 2. Увеличивается 3. Не изменяется.
18	На рисунке приведена энергетическая диаграмма металла и полупроводника n-	1. Омический (антизапирающий, невыпрямляющий) контакт 2. Контакт Шоттки (запирающий, выпрямляющий контакт)



	<p>полупроводника n-типа, взятых по отдельности. Какой контакт образуется после приведения их в непосредственное</p>  <p>соприкосновение.</p>	
19	<p>На рисунке приведена энергетическая диаграмма контакта Шоттки (запирающего контакта) металла и полупроводника n-типа германия. Какие носители заряда обозначены знаком «+»?</p> 	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Дырки</li><li>2. Ионы доноров</li><li>3. Ионы германия.</li></ol>
20	<p>На рисунке приведена энергетическая диаграмма омического (антизапирающего, невыпрямляющего) контакта металла и полупроводника n-типа германия. Какие носители заряда обозначены знаком «-»?</p> 	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Электроны</li><li>2. Ионы доноров</li><li>3. Ионы германия.</li></ol>
21	<p>На рисунке приведена энергетическая диаграмма омического (антизапирающего, невыпрямляющего) контакта металла и полупроводника n-типа германия. Какие носители заряда обозначены знаком «+»?</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Дырки</li><li>2. Ионы металла.</li></ol>



22	<p>На рисунке приведена энергетическая диаграмма контакта Шоттки (запирающего контакта) металла и полупроводника p-типа германия. Какие носители заряда обозначены знаком «-»?</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Электроны</li><li>2. Ионы акцепторов</li><li>3. Ионы германия.</li></ol>
23	<p>На рисунке приведена энергетическая диаграмма омического (антизапирающего, невыпрямляющего) контакта металла и полупроводника p-типа германия. Какие носители заряда обозначены знаком «+»?</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Дырки</li><li>2. Ионы акцепторов</li><li>3. Ионы германия.</li></ol>
24	<p>На рисунке приведена энергетическая диаграмма омического (антизапирающего, невыпрямляющего) контакта металла и полупроводника p-типа германия. Какие носители заряда обозначены знаком «-»?</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Электроны</li><li>2. Ионы металла.</li></ol>
25	<p>Чему равна высота потенциального барьера со стороны полупроводника контакта</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <math>\phi = \phi_0 - eU_{обр}</math></li><li>2. <math>\phi = \phi_0 + eU_{обр}</math></li></ol>



	Шоттки (выпрямляющего контакта металл-полупроводник) при приложении обратного напряжения $U_{обр}$ , если в равновесии высота потенциального барьера равна $\varphi_0$ ?	3. $\varphi = \varphi_0$ 4. $\varphi = + eU_{обр}$ 5. $\varphi = - eU_{обр}$
26	Чему равна высота потенциального барьера со стороны полупроводника контакта Шоттки (выпрямляющего контакта металл-полупроводник) при приложении прямого напряжения $U_{пр}$ , если в равновесии высота потенциального барьера равна $\varphi_0$ ?	1. $\varphi = \varphi_0 - eU_{пр}$ 2. $\varphi = \varphi_0 + eU_{пр}$ 3. $\varphi = \varphi_0$ 4. $\varphi = + eU_{пр}$ 5. $\varphi = - eU_{пр}$
27	Как изменяется толщина слоя объемного заряда контакта Шоттки (выпрямляющего контакта металл-полупроводник) при приложении обратного напряжения	1. Уменьшается 2. Увеличивается
28	Чему равна высота потенциального барьера р-п перехода ( $A_p$ и $A_n$ – работа выхода из полупроводника р- и п-типа соответственно; $E_{Fp}$ и $E_{Fn}$ – энергия Ферми полупроводника р- и п-типа соответственно)?	1. $\varphi_0 = A_p - A_n$ 2. $\varphi_0 = A_n + A_p$ 3. $\varphi_0 = A_n - A_p$ 4. $\varphi_0 = E_{Fp} - E_{Fn}$ 5. $\varphi_0 = E_{Fp} + E_{Fn}$ 6. $\varphi_0 = E_{Fn} - E_{Fp}$
29	Какие носители формируют заряд барьерной емкости?	1. Ионы доноров и акцепторов 2. Электроны и дырки 3. Ионы материала, из которого изготовлен полупроводниковый диод.
30	Какие носители формируют заряд диффузионной емкости?	1. Ионы доноров и акцепторов 2. Электроны и дырки 3. Ионы материала, из которого изготовлен полупроводниковый диод.
31	Как изменяется величина барьерной емкости р-п перехода при увеличении обратного напряжения?	1. Уменьшается 2. Увеличивается
32	Какова причина увеличения тока насыщения $I_s$ диода с р-п переходом при повышении температуры.	1. При увеличении температуры увеличивается концентрация основных носителей заряда 2. При увеличении температуры увеличивается концентрация неосновных носителей заряда
33	Для чего полупроводниковые приборы легируют золотом?	Для увеличения быстродействия
34	Назовите условие, при котором диод с туннельным пробоем становится обращенным диодом.	Напряжение пробоя $V_{об} = 0$ .
35	Назовите условие, при котором в лавинно-пролетном диоде возникает отрицательное дифференциальное сопротивление.	Сдвиг фазы $\Delta\varphi$ между первыми гармониками тока и напряжения больше $90^\circ$ .
36	Чему соответствует максимум на вольт-	1. Равенству прямого и обратного



	амперной характеристике туннельного диода?	туннельных токов 2. Совпадению максимумов функций распределения электронов и дырок
37	С какой целью в биполярном транзисторе на коллекторный переход подается обратное смещение?	1. Для обеспечения режима инжекции основных носителей из коллектора в базу 2. Для обеспечения режима экстракции неосновных носителей из базы в коллектор
38	Для чего базу биполярного транзистора делают тонкой?	1. Для уменьшения актов рекомбинации неосновных носителей заряда 2. Для уменьшения падения напряжения между эмиттерным и коллекторным переходами.
39	Заряд какого знака надо создать на затворе полевого транзистора МДП-структуры, чтобы обеспечить режим инверсии?	1. Знак заряда затвора должен совпадать со знаком заряда неосновных носителей 2. Знак заряда затвора должен совпадать со знаком заряда основных носителей 3. Знак заряда затвора должен быть противоположным знаку заряда основных носителей
40	Заряд какого знака надо создать на затворе полевого транзистора МДП-структуры, чтобы обеспечить режим обогащения?	1. Знак заряда затвора должен совпадать со знаком заряда неосновных носителей 2. Знак заряда затвора должен совпадать со знаком заряда основных носителей 3. Знак заряда затвора должен быть противоположным знаку заряда основных носителей
41	Заряд какого знака надо создать на затворе полевого транзистора МДП-структуры, чтобы обеспечить режим обеднения?	1. Знак заряда затвора должен совпадать со знаком заряда неосновных носителей 2. Знак заряда затвора должен совпадать со знаком заряда основных носителей 3. Знак заряда затвора должен быть противоположным знаку заряда основных носителей
42	Выше какого минимального значения должно быть напряжение на затворе кремниевого полевого транзистора МДП-структуры, чтобы обеспечить режим инверсии (ширина запрещенной зоны	0,54 В



	кремния $E_g = 1,08$ эВ)?	
43	Почему в полевых транзисторах при перекрытии канала ток стока не обращается в нуль?	Потому что в перекрытом канале обедненном слое существует электрическое поле (которое «протаскивает» носители заряда вдоль поверхности в стоковую область).
Раздел 3. Поглощение света и фотоэлектрические явления в полупроводниках		
44	Какой физический смысл у коэффициента поглощения света?	Относительное изменение интенсивности света при прохождении единичного пути
45	Интенсивность света уменьшилась в $e$ раз при прохождении 1 мм в толще полупроводника. Чему равен коэффициент поглощения?	$10^3 \text{ м}^{-1}$ .
46	Почему после взаимодействия с фотоном импульс электрона не изменяется?	Потому, что импульс фотона намного меньше (на 3 порядка) импульса электрона
47	За счет каких частиц осуществляются непрямые переходы при собственном поглощении света в полупроводниках	За счет фононов
48	За счет чего в эффекте Франца-Келдыша край собственного поглощения сдвигается в длинноволновую область?	За счет туннельного эффекта
49	Почему возникновение экситонов в результате поглощения света не приводит к появлению носителей заряда?	Потому что экситон электронейтрален
50	Почему при поглощении света свободными носителями зарядов электропроводность полупроводника не изменяется	В этом случае свет вызывает переходы свободных носителей внутри энергетической зоны и изменения числа носителей заряда не происходит.
51	На рисунке приведены энергетические уровни и токи, протекающие через $p$ - $n$ -переход в фотоэлементе в темноте. $I_{nD}$ и $I_{pD}$ – диффузионные токи (токи основных носителей), а $I_{nE}$ и $I_{pE}$ – дрейфовые токи (токи неосновных носителей) электронов и дырок соответственно. Что изменится и что останется неизменным при освещении $p$ -области фотоэлемента в режиме короткого замыкания?	Появится фототок $I_{\phi}$ . При этом положение энергетических уровней не изменится. 



52	<p>На рисунке приведены энергетические уровни и токи, протекающие через <math>p</math>-<math>n</math>-переход при освещении фотоэлемента в режиме короткого замыкания. <math>I_{nD}</math> и <math>I_{pD}</math> – диффузионные токи (токи основных носителей), а <math>I_{nE}</math> и <math>I_{pE}</math> – дрейфовые токи (токи неосновных носителей) электронов и дырок соответственно. Что изменится в режиме холостого хода (размыкания электрической цепи)?</p>	<p>В <math>p</math>-<math>n</math> переходе уровень Ферми сместится на величину <math>eU_{xx}</math> и уменьшится высота потенциального барьера на величину <math>eU_{xx}</math>. (<math>U_{xx}</math> – напряжение холостого хода – фото-э.д.с.)</p>
53	<p>На рисунке приведены энергетические уровни и токи, протекающие через <math>p</math>-<math>n</math>-переход при освещении фотоэлемента в режиме холостого хода (размыкания электрической цепи). <math>I_{nD}</math> и <math>I_{pD}</math> – диффузионные токи (токи основных носителей), а <math>I_{nE}</math> и <math>I_{pE}</math> – дрейфовые токи (токи неосновных носителей) электронов и дырок соответственно. <math>U_{xx}</math> – напряжение холостого хода – фото-э.д.с.). Что изменится при замыкании фотоэлемента на нагрузку <math>R_H</math>?</p>	<p>Напряжение холостого хода <math>U_{xx}</math> заменится на напряжение на нагрузке <math>U_H</math>.</p>
54	<p>Что происходит с вольт-амперной характеристикой фотодиода при</p>	<p>При освещении вольт-амперная характеристика фотодиода смещается</p>



освещении?

ВНИЗ ВДОЛЬ ОСИ ТОКОВ.

### Вопросы к зачету:

1. Уравнения Шредингера для кристалла.
2. Адиабатическое приближение (приближение Борна-Оппенгеймера) и валентная аппроксимация.
3. Одноэлектронное приближение (приближение Хартри-Фока).
4. Функция Блоха.
5. Метод Кронига-Пенни.
6. Первая зона Бриллюэна. Дисперсионные кривые.
7. Способы получения р-п-перехода. Равновесное состояние р-п-перехода.
8. Барьерная емкость р-п-перехода.
9. Токи, протекающие через р-п-переход.
10. Импульсные свойства р-п-перехода. Диффузионная емкость р-п-перехода.
11. Высокочастотные свойства р-п-перехода.
12. Пробой р-п-перехода.
13. Туннельные диоды.
14. Лавинно-пролетные диоды.
15. Возникновение отрицательной дифференциальной проводимости в полупроводниках в сильном электрическом поле.
16. Электростатические домены в полупроводниках. Эффект Ганна. Диоды Ганна.
17. Принцип работы биполярного транзистора.
18. Параметры транзисторов.
19. Выходные характеристики транзисторов.
20. Схема с общим эмиттером. Пробой коллекторного перехода.
21. Переходные процессы в транзисторах. Дрейфовые транзисторы. Предельная частота усиления транзисторов.
22. Полевые транзисторы МДП-структуры.
23. Транзисторы с управляющим р-п-переходом.
24. Поглощение света полупроводниками: коэффициент поглощения света, собственное поглощение.
25. Экситоны. Поглощение света свободными носителями зарядов. Примесное поглощение.
26. Излучение света полупроводниками.
27. Фотопроводимость полупроводников.
28. Фототранзисторы.

## 4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета в два этапа.

На первом этапе промежуточной аттестации проводится тестирование, осуществляемое во время лекционных занятий.

На втором этапе студент отвечает на вопросы зачетного билета. Зачетный билет содержит 1 теоретический вопрос. Во время подготовки можно использовать справочные материалы.



#### 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

Максимальный балл за посещение лекционных занятий – 6.

**Первый этап зачета – тестирование.** Студент отвечает на вопросы теста во время проведения лекционных занятий. Всего вопросов в тесте 54. Критерий оценивания теста: каждый правильный ответ – 0,5 балла. Максимальное количество баллов – 27. Чтобы тест был зачтен, студент должен набрать минимум 15 баллов. Если тест не зачтен, то до второго этапа экзамена студент не допускается.

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	27-15 баллов	14-0 баллов
Уровень освоения проверяемых компетенций	базовый	недостаточный

**Второй этап зачета.** Студент отвечает на теоретические вопросы билета. Максимальный балл за ответы по билету – 30.

Критерии оценивания теоретических вопросов билета:

Характеристики ответа	Баллы	Уровень освоения проверяемых компетенций
Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопрос базового уровня и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и физический смысл величин по другим вопросам билета.	10-30	базовый
Не может правильно ответить на вопрос базового уровня	0-5	недостаточный

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

#### 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

При подведении итогов баллы, полученные за три этапа, суммируются.

Критерии оценивания зачета:

0-60 баллов – не зачтено;

61-100 баллов - зачтено;

1. Высокий, Средний и Базовый уровень сформированности компетенций соответствует оценке «зачтено».
2. Низкий уровень сформированности компетенций соответствует оценке «не зачтено».



**Фонд оценочных средств дисциплины (модуля) одобрен и рекомендован:**

Проректор по учебной работе                      утверждено 24.02.25                      А.А. Саламатов

Ученым советом физического факультета

Протокол заседания № 05 от 06.02.2025

Председатель Ученого совета  
физического факультета

согласовано

М.А. Загребин

**Заседанием кафедры радиофизики и электроники**

Протокол заседания № 07 от 04.02.2025

Заведующий кафедрой

согласовано

А.В. Бутаков

Автор (составитель)

В.М. Чернов

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1**