

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 29.06.2026 10:44:58  
Уникальный электронный документ №4  
04c19ed8b1987386eb74c86b9a878808322325



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) «Физическая электроника» по специальности 10.05.03 «Информационная безопасность автоматизированных систем» специализации №4 «Безопасность автоматизированных систем критически важных объектов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

Направление подготовки (специальность)  
**10.05.03 Информационная безопасность автоматизированных систем**

Специализация №4  
**Безопасность автоматизированных систем критически важных объектов**

Присваиваемая квалификация (степень)  
**Специалист по защите информации**

Форма обучения  
**Очная**

Год набора 2026

Челябинск, 2026 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

Специальность: 10.05.03 Информационная безопасность автоматизированных систем  
Специализация: Безопасность автоматизированных систем критически важных объектов  
Дисциплина: Физическая электроника  
Семестр: 7  
Форма промежуточной аттестации: экзамен  
Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках 5-балльной системы с использованием балльно-рейтинговой системы.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Физическая 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-4	Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области физики и радиоэлектроники. ОПК-4.2. Демонстрирует умения анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники. ОПК-4.2. Имеет практический опыт применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности.	Для достижения индикатора ОПК-4.1: Знать базовые понятия, полученные в области физики и радиоэлектроники (базовые физические принципы работы электронных приборов, используемых в электронике и схемотехнике). Для достижения индикатора ОПК-4.2: Уметь анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники (применять знания физических принципов работы электронных приборов в сфере осуществления связи и передачи данных). Для достижения индикатора ОПК-4.3: Владеть навыками применения основных физических законов и моделей для решения задач профессиональной деятельности (навыками использования знаний физических принципов работы электронных приборов для решения конкретных задач профессиональной деятельности).



### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции	Контролируемые темы/разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1.	ОПК-4 Для достижения индикатора ОПК-4.1: Знать базовые понятия, полученные в области физики и радиоэлектроники (базовые физические принципы работы электронных приборов, используемых в электронике и схемотехнике). Для достижения индикатора ОПК-4.2: Уметь анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники (применять знания физических принципов работы электронных приборов в сфере осуществления связи и передачи данных). Для достижения индикатора ОПК-4.3: Владеть навыками применения основных физических законов и моделей для решения задач профессиональной деятельности (навыками использования знаний физических принципов работы электронных приборов для решения конкретных задач профессиональной деятельности).	Основы зонной теории. Статистика электронов и дырок в полупроводниках и металлах	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 1); вопросы к экзамену №1-8.
		Эмиссионная электроника. Электронные лампы	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 2); вопросы к экзамену №9-14.
		Неравновесные носители заряда в полупроводниках	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 3); вопросы к экзамену №15-18.
		Контакт металла с полупроводником	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 4); вопросы к экзамену №19-20.
		Полупроводниковые диоды и транзисторы	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 5); вопросы к экзамену №21-29
		Поглощение света и фотоэлектрические явления в полупроводниках	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 6); вопросы к экзамену №30-34
		Неравновесные носители заряда в полупроводниках	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 3); вопросы к экзамену №15-18.
		Контакт металла с полупроводником	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 4); вопросы к экзамену №19-20.
		Полупроводниковые диоды и транзисторы	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 5); вопросы к экзамену №21-29



	Поглощение света и фотоэлектрические явления в полупроводниках	Типовые контрольные вопросы для текущего контроля, отчет за лабораторную работу	Тест (Раздел 6); вопросы к экзамену №30-34
--	--	---	--

### 3.2 Содержание оценочных средств

#### Контрольные вопросы для текущего контроля

1. Почему при абсолютном нуле температуры ( $T=0$ ) металлы проводят электрический ток, а полупроводники нет?
2. Почему в области контакта n- и p-полупроводников возникает потенциальный барьер?
3. Объясните на энергетической диаграмме p-n-перехода, как изменяется высота потенциального барьера при приложении к переходу внешнего смещения (прямого и обратного)?
4. Объясните причины, приводящие к различию между токами при прямом и обратном включениях полупроводникового диода.
5. Объясните температурную зависимость прямого и обратного токов через полупроводниковый диод.
6. Какова природа возникновения контактной разности потенциалов на границе металл-полупроводник?
7. Нарисуйте схему энергетических уровней в области контакта металл-полупроводник n- и p-типа в равновесии.
8. Нарисуйте схему энергетических уровней в области контакта металл-полупроводник n- и p-типа при подаче внешнего поля.
9. Получите выражение для тока через контакт металл-полупроводник согласно диодной теории.
10. Получите выражение для тока через контакт металл-полупроводник согласно диффузионной теории.
11. Какова природа возникновения контактной разности потенциалов?
12. Объясните устройство и принцип действия биполярного транзистора.
13. Почему в рабочем режиме к коллекторному переходу прикладывается обратное напряжение?
14. Объясните причину температурного дрейфа характеристик транзисторов.
15. Почему входные характеристики кремниевых и германиевых транзисторов сдвинуты друг относительно друга вдоль оси напряжений?
16. Как по сдвигу входных характеристик германиевого и кремниевого транзисторов оценить разницу в ширине запрещенной зоны?
17. Почему область p-n-перехода называют обедненным слоем?
18. Что такое барьерная емкость p-n-перехода и каков механизм ее возникновения?
19. Как изменяется величина барьерной емкости p-n-перехода в зависимости от обратного смещения?
20. Нарисуйте график изменения плотности объемного заряда для резкого и плавного p-n-переходов.
21. Что такое диффузионная емкость p-n-перехода и каков механизм ее возникновения?
22. Какова природа туннельного эффекта?
23. Как рассчитываются туннельные токи через p-n-переход при равновесии?



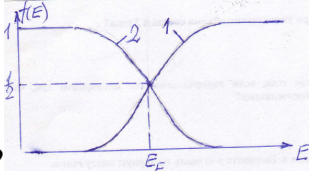
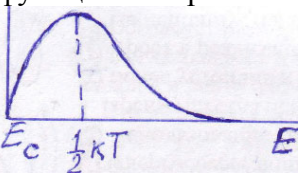
24. Как рассчитывается ток через туннельный диод при подаче обратного смещения?
25. Как рассчитывается ток через туннельный диод при прямом смещении?
26. Каковы основные особенности вольт-амперной характеристики туннельного диода?
27. Объяснить причину возникновения фото-э.д.с.
28. Записать уравнение для токов через фотоэлемент для разомкнутой цепи в темноте.
29. Записать уравнение для токов через фотоэлемент для разомкнутой цепи при наличии освещения.
30. Вывести основное уравнение полупроводникового фотоэлемента.
31. Получить выражения для напряжения и тока через нагрузку фотоэлемента.
32. Почему фототок и ток короткого замыкания равны друг другу?
33. Какова связь между напряжением холостого хода и плотностью потока излучения?

Задания к лабораторным работам студенты выполняют в течение семестра в ходе лабораторных занятий и в форме самостоятельной работы. В течение семестра студент должен сдать отчет по каждой из выполненных лабораторных работ. Отчет подразумевает выполнение всех заданий в виде таблиц, графиков, проведения расчетов и подведения итогов проделанной работы – написания выводов. Отчет по работе считается сданным во время, если он сдан в течение месяца после выполнения лабораторной работы.

#### База тестовых вопросов

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Раздел 1. Основы зонной теории твердых тел. Статистика электронов и дырок в полупроводниках и металлах		
1	Условия делокализации электронов в металлах	1. Высота потенциального барьера в кристалле должна быть ниже уровня валентного электрона в изолированном атоме 2. Высота потенциального барьера в кристалле должна быть выше уровня валентного электрона в изолированном атоме
2	Чем ниже расположен уровень валентного электрона, тем	1. шире зона разрешенных значений энергии 2. уже зона разрешенных значений энергии
3	Наличие верхней энергетической зоны, которая заполнена лишь частично, присуще	1. металлам 2. диэлектрикам 3. полупроводникам
4	Чем отличаются металлы от диэлектриков по строению и расположению энергетических зон?	1. шириной запрещенной зоны 2. степенью заполнения электронами верхней зоны электронами
5	Почему металлы хорошо проводят электрический ток, а диэлектрики нет?	1. потому что находящиеся в зоне проводимости электроны имеют возможность переходить из занятых состояний на свободные 2. потому что у диэлектриков ширина

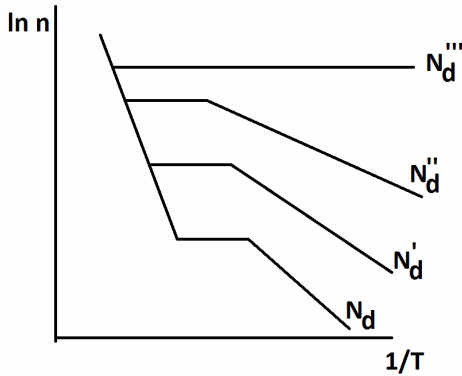
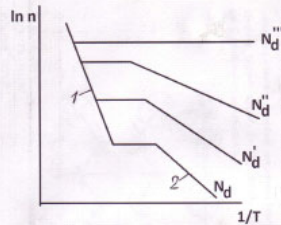
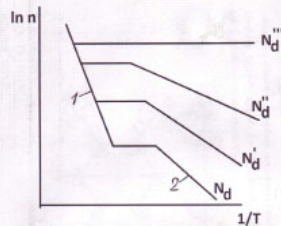


		запрещенной зоны большая, а у металлов маленькая
6	Каково направление оси энергии для электронов в зоне проводимости	1. От дна зоны к потолку 2. От потолка зоны ко дну 3. От дна зоны вниз в запрещенную зону
7	Каково направление оси энергии для дырок в валентной зоне	1. От потолка зоны вверх в зону проводимости 2. От потолка зоны ко дну 3. От потолка зоны вниз ко дну зоны
8	Назовите порядок величины энергии связи пятого («лишнего») электрона валентной оболочки пятивалентного мышьяка, замещающего германий в кристаллической решетке германия	1. 0,01 эВ 2. 0,1 эВ 3. 1 эВ 4. 10 эВ
9	Где находится донорный энергетический уровень невырожденного полупроводника	1. В зоне проводимости 2. В валентной зоне 3. В запрещенной зоне
10	Где находится акцепторный энергетический уровень невырожденного полупроводника	1. В зоне проводимости 2. В валентной зоне 3. В запрещенной зоне
11	Запишите функцию распределения (вероятность заполнения состояний) электронов - функцию Ферми-Дирака	1. $\frac{1}{e^{\frac{E_F - E}{kT}} + 1}$ 2. $\frac{1}{e^{\frac{E - E_F}{kT}} + 1}$
12	Запишите функцию распределения (вероятность заполнения состояний) дырок.	1. $\frac{1}{e^{\frac{E_F - E}{kT}} + 1}$ 2. $\frac{1}{e^{\frac{E - E_F}{kT}} + 1}$
13	Какая из кривых является функцией распределения дырок по состояниям? 	1. №2 2. №1
14	Какая из функций изображена на рисунке? 	1. Функция Ферми-Дирака 2. Полная функция распределения электронов в зоне проводимости 3. Функция плотности состояний электронов



15	Чему равна концентрация электронов собственном полупроводнике	$1. n = \sqrt{N_c N_v} \cdot e^{-\frac{E_g}{2kT}}$ $2. n = \sqrt{\frac{N_c N_d}{2}} e^{-\frac{E_{ид}}{2kT}}$
16	Где расположен уровень Ферми в собственном полупроводнике?	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Под дном зоны проводимости</li><li>2. Над потолком валентной зоны</li><li>3. В середине запрещенной зоны</li></ol>
17	Как изменяется энергия Ферми в собственном полупроводнике при увеличении температуры, если масса дырки больше массы электрона?	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Не изменяется</li><li>2. Увеличивается</li><li>3. Уменьшается</li></ol>
18	Чему равна энергия Ферми $E_F$ при температуре истощения примеси?	$E_F = E_d$ , где $E_d$ – энергия донора
19	Где расположен уровень Ферми в донорном невырожденном полупроводнике при комнатной температуре?	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Под дном зоны проводимости</li><li>2. Над потолком валентной зоны</li><li>3. В середине запрещенной зоны</li></ol>
20	Почему в n-полупроводнике донорный уровень находится под дном зоны проводимости?	Потому что донорная примесь имеет малую по сравнению с шириной запрещенной зоны энергию ионизации (донора) ( $E_{ид} \ll E_g$ )
21	Почему в p-полупроводнике акцепторный уровень находится над потолком валентной зоны?	Потому что акцепторная примесь имеет малую по сравнению с шириной запрещенной зоны энергию ионизации (акцептора) ( $E_{иа} \ll E_g$ )
22	Где расположен уровень Ферми в акцепторном невырожденном полупроводнике при комнатной температуре?	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Под дном зоны проводимости</li><li>2. Над потолком валентной зоны</li><li>3. В середине запрещенной зоны</li></ol>
23	После легирования германия донорной примесью концентрация электронов увеличилась в 10 раз. Как изменилась при этом концентрация дырок?	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Не изменилась</li><li>2. Уменьшилась в 10 раз</li><li>3. Увеличилась в 10 раз</li></ol>
24	На рисунке приведено семейство зависимостей логарифма концентрации электронов от обратной температуры при различных значениях концентрации доноров: $N_d, N'_d, N''_d, N'''_d$ . Как концентрации доноров соотносятся между	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <math>N_d &lt; N'_d &lt; N''_d &lt; N'''_d</math></li><li>2. <math>N_d &gt; N'_d &gt; N''_d &gt; N'''_d</math></li></ol>

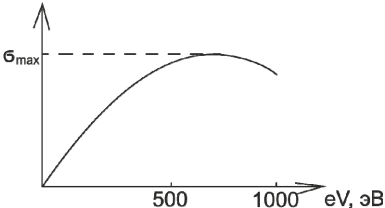
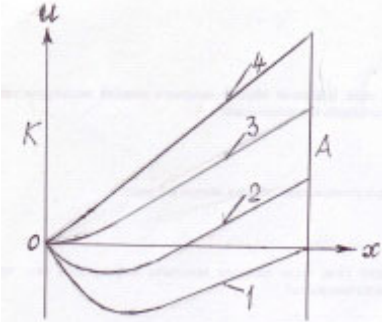
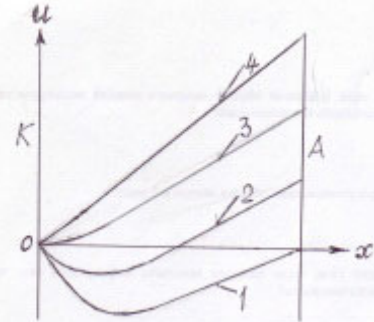


		
	собой?	
25	<p>На рисунке приведено семейство зависимостей логарифма концентрации электронов от обратной температуры при различных значениях концентрации доноров: <math>N_d</math>, <math>N'_d</math>, <math>N''_d</math>, <math>N'''_d</math>. Чем определяется наклон зависимости <math>\ln n - 1/T</math></p> 	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Энергией ионизации донора <math>E_{ид}</math></li><li>2. Шириной запрещенной зоны <math>E_g</math></li></ol>
26	<p>На рисунке приведено семейство зависимостей логарифма концентрации электронов от обратной температуры при различных значениях концентрации доноров: <math>N_d</math>, <math>N'_d</math>, <math>N''_d</math>, <math>N'''_d</math>. Чем определяется наклон зависимости <math>\ln n - 1/T</math></p> 	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Энергией ионизации донора <math>E_{ид}</math></li><li>2. Шириной запрещенной зоны <math>E_g</math></li></ol>
27	<p>На рисунке приведено семейство зависимостей логарифма концентрации электронов от обратной температуры при различных значениях концентрации доноров: <math>N_d</math>, <math>N'_d</math>, <math>N''_d</math>, <math>N'''_d</math>. Чем определяется концентрация электронов</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Концентрацией донорной примеси</li><li>2. Шириной запрещенной зоны <math>E_g</math></li><li>3. Энергией ионизации донора <math>E_{ид}</math></li></ol>

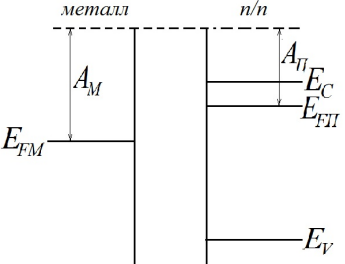
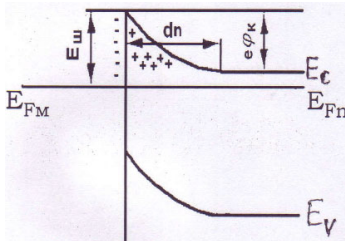


	области плато?	
28	<p>На рисунке приведено семейство зависимостей логарифма концентрации электронов от обратной температуры при различных значениях концентрации доноров: <math>N_d &lt; N_d' &lt; N_d'' &lt; N_d'''</math>. Почему с увеличением концентрации изменяется наклон зависимости <math>\ln n - 1/T</math> на участках 1, 2, 3 и 4?</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Потому что уменьшается энергия ионизации донора <math>E_{nd}</math></li><li>2. Потому понижается энергия дна зоны проводимости <math>E_c</math>.</li><li>3. Энергией ионизации донора <math>E_{nd}</math></li></ol>
29	Как изменяется энергии Ферми в металлах с повышением температуры?	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Повышается</li><li>2. Понижается</li><li>3. Не изменяется</li></ol>
Раздел 2. Эмиссионная электроника. Электронные лампы		
30	<p>Что в формуле Эйнштейна для фотоэффекта <math>h\nu = \frac{m_e v_m^2}{2} + \Phi</math> подразумевается под максимальной скоростью <math>v_m</math>?</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Это максимальная скорость электронов в распределении электронов по скоростям.</li><li>2. Это скорость электрона, не испытавшего рассеяния</li></ol>
31	Почему в металлах коэффициент вторичной электронной эмиссии значительно меньше, чем в полупроводниках.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Потому что в металлах первичные электроны проникают на большую по сравнению с полупроводниками глубину, благодаря чему при движении вторичных электронов к поверхности происходит большая потеря энергии.</li><li>2. Потому что в металлах происходит рассеяние энергии вторичных электронов на электронах проводимости.</li></ol>



32	Какому условию удовлетворяет максимум на зависимости коэффициента вторичной эмиссии $\sigma$ от энергии первичных электронов $eV$ ? 	1. Энергия первичных электронов равна энергии вторичных электронов 2. Увеличение числа вторичных электронов за счет увеличения глубины проникновения равно уменьшению числа вторичных электронов за счет потерь при рассеянии
33	Из каких материалов изготавливают диоды в фотоэлектронных умножителях?	1. Из металлов 2. Из полупроводников 3. Из диэлектриков
34	Какие потенциальные кривые в вакуумном диоде соответствуют току насыщения на ВАХ диода 	1. №1, №2 2. №3, №4 3. №1, №2, №3, 4. №2, №3, №4 5. №1 6. №2, №3
35	Какие потенциальные кривые в вакуумном диоде соответствуют закону 3/2 на ВАХ диода 	1. №1, №2 2. №3, №4 3. №1, №2, №3, 4. №2, №3, №4 5. №1 6. №2, №3
36	Что характеризует проникаемость сетки триода?	1. Степень проникновения электронов в пространство между сеткой и анодом 2. Степень проникновения электрического поля анода в пространство между сеткой и катодом
Раздел 3. Неравновесные носители заряда в полупроводниках		
37	В донорном полупроводнике концентрация электронов $n$ больше концентрации дырок $p$ в 10 раз. Как соотносятся их времена	1. $\tau_n = \tau_p$ 2. $\tau_n = 10\tau_p$



	жизни $\tau_n$ и $\tau_p$ ?	3. $\tau_n = \frac{1}{10} \tau_p$
38	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. $D_{эфф} = D_n \cdot D_p$
39	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. $L \sim \tau^2$
40	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 4. Контакт металла с полупроводником		
41	<p>На рисунке приведена энергетическая диаграмма металла и полупроводника n-типа, взятых по отдельности. Какой контакт образуется после приведения их в</p>  <p>непосредственное соприкосновение.</p>	1. Омический (антизапирающий, невыпрямляющий) контакт 2. Контакт Шоттки (запирающий, выпрямляющий контакт)
42	<p>На рисунке приведена энергетическая диаграмма контакта Шоттки (запирающего контакта) металла и полупроводника n-типа германия. Какие носители заряда обозначены знаком «+»?</p> 	1. Дырки 2. Ионы доноров 3. Ионы германия.
43	На рисунке приведена энергетическая диаграмма омического (антизапирающего,	1. Электроны 2. Ионы доноров



	<p>невыпрямляющего) контакта металла и полупроводника n-типа германия. Какие носители заряда обозначены знаком «-»?</p>	<p>3. Ионы германия.</p>
44	<p>На рисунке приведена энергетическая диаграмма омического (антизапирающего, невыпрямляющего) контакта металла и полупроводника n-типа германия. Какие носители заряда обозначены знаком «+»?</p>	<p>1. Дырки 2. Ионы металла.</p>
45	<p>На рисунке приведена энергетическая диаграмма контакта Шоттки (запирающего контакта) металла и полупроводника p-типа германия. Какие носители заряда обозначены знаком «-»?</p>	<p>1. Электроны 2. Ионы акцепторов 3. Ионы германия.</p>
46	<p>На рисунке приведена энергетическая диаграмма омического (антизапирающего, невыпрямляющего) контакта металла и полупроводника p-типа германия. Какие носители заряда обозначены знаком «+»?</p>	<p>1. Дырки 2. Ионы акцепторов 3. Ионы германия.</p>



47	<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>
48	<p>Чему равна высота потенциального барьера со стороны полупроводника контакта Шоттки (выпрямляющего контакта металл-полупроводник) при приложении обратного напряжения <math>U_{обр}</math>, если в равновесии высота потенциального барьера равна <math>\phi_0</math>?</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><li>3. <math>\phi = \phi_0</math></li><li>4. <math>\phi = + eU_{обр}</math></li><li>5. <math>\phi = - eU_{обр}</math></li></ol>
49	<p>Чему равна высота потенциального барьера со стороны полупроводника контакта Шоттки (выпрямляющего контакта металл-полупроводник) при приложении прямого напряжения <math>U_{пр}</math>, если в равновесии высота потенциального барьера равна <math>\phi_0</math>?</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <math>\phi = \phi_0 - eU_{пр}</math></li><li>2. <math>\phi = \phi_0 + eU_{пр}</math></li><li>3. <math>\phi = \phi_0</math></li><li>4. <math>\phi = + eU_{пр}</math></li><li>5. <math>\phi = - eU_{пр}</math></li></ol>
50	<p>Как изменяется толщина слоя объемного заряда контакта Шоттки (выпрямляющего контакта металл-полупроводник) при приложении обратного напряжения</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Уменьшается</li><li>2. Увеличивается</li></ol>
<b>Раздел 5. Полупроводниковые диоды и транзисторы</b>		
51	<p>Чему равна высота потенциального барьера p-n перехода (<math>A_p</math> и <math>A_n</math> – работа выхода из полупроводника p- и n-типа соответственно; <math>E_{FP}</math> и <math>E_{FN}</math> – энергия Ферми полупроводника p- и n-типа соответственно)?</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. <math>\phi_0 = A_p - A_n</math></li><li>2. <math>\phi_0 = A_n + A_p</math></li><li>3. <math>\phi_0 = A_n - A_p</math></li><li>4. <math>\phi_0 = E_{FP} - E_{FN}</math></li><li>5. <math>\phi_0 = E_{FP} + E_{FN}</math></li><li>6. <math>\phi_0 = E_{FN} - E_{FP}</math></li></ol>
52	<p>Как изменяется величина барьерной емкости p-n перехода при увеличении обратного напряжения?</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Уменьшается</li><li>2. Увеличивается</li></ol>
53	<p>Какова причина увеличения тока</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. При увеличении температуры</li></ol>

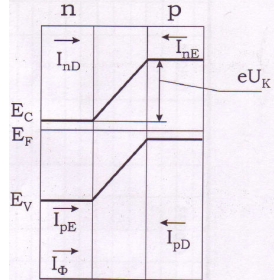
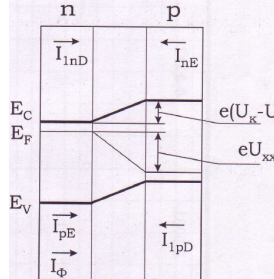
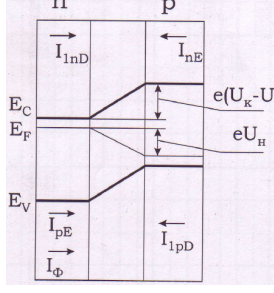


	насыщения $I_s$ диода с p-n переходом при повышении температуры.	увеличивается концентрация основных носителей заряда 2. При увеличении температуры увеличивается концентрация неосновных носителей заряда
54	Чему соответствует максимум на вольт-амперной характеристике туннельного диода?	1. Равенству прямого и обратного туннельных токов 2. Совпадению максимумов функций распределения электронов и дырок
55	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
56	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.
57	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
58	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
59	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 знаком заряда основных носителей
60	Выше какого минимального значения должно быть напряжение на затворе кремниевого полевого транзистора МДП-структуры, чтобы обеспечить режим инверсии (ширина запрещенной зоны кремния $E_g = 1,08$ эВ)?	0,54 В
61	Почему в полевых транзисторах при перекрытии канала ток стока не обращается в нуль?	Потому что в перекрытом канале существует электрическое поле (которое «протаскивает» носители заряда вдоль поверхности в стоковую область).
Раздел 6. Поглощение света и фотоэлектрические явления в полупроводниках		
62	<p>На рисунке приведены энергетические уровни и токи, протекающие через <math>p</math>-<math>n</math>-переход в фотоэлементе в темноте. <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 и что останется неизменным при освещении <math>p</math>-области фотоэлемента в режиме короткого замыкания?</p>	<p>Появится фототок <math>I_\phi</math>. При этом положение энергетических уровней не изменится.</p>
63	<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>



		
64	<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> 
65	<p>Что происходит с вольт-амперной характеристикой фотодиода при освещении?</p>	<p>При освещении вольт-амперная характеристика фотодиода смещается вниз вдоль оси токов.</p>

### Вопросы к экзамену:

1. Зоны разрешенных значений энергии в кристалле. Заполнение зон электронами и деление тел на металлы, диэлектрики и полупроводники
2. Собственные полупроводники. Локальные уровни в запрещенной зоне
3. Функция распределения в статистике Ферми-Дирака. Функция плотности состояний
4. Концентрация электронов и дырок в полупроводниках
5. Положение уровня Ферми и концентрация свободных носителей заряда в собственных полупроводниках
6. Статистика электронов в примесных полупроводниках: донорный полупроводник
7. Статистика электронов в примесных полупроводниках: акцепторный полупроводник. Закон действующих масс. Сильно легированные полупроводники. Компенсированные полупроводники
8. Статистика электронов в металлах
9. Поверхностный потенциальный барьер для электронов в металле (работа выхода). Формула для плотности тока термоэлектронной эмиссии (формула Ричардсона-Дешмена)



10. Эффект Шоттки. Автоэлектронная эмиссия
11. Фотоэлектронная эмиссия: основные закономерности, процессы, квантовый выход
12. Фотоэлектронная эмиссия из металлов. Фотоэлектронная эмиссия из полупроводников и диэлектриков
13. Вторичная электронная эмиссия. Фотоэлектронный умножитель
14. Вакуумный диод. Трехэлектродная лампа (триод)
15. Равновесные и неравновесные носители заряда. Время жизни, скорости генерации и рекомбинации носителей заряда
16. Уравнение непрерывности
17. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда. Эффективный коэффициент диффузии
18. Стационарное распределение носителей заряда за слоем генерации Максвелловское время релаксации
19. Контакт металла с полупроводником. Запирающий слой. Энергетические уровни в полупроводнике и металле
20. Выпрямление на запирающем контакте металла и полупроводника
21. Способы получения р-n-перехода. Равновесное состояние р-n-перехода
22. Барьерная емкость р-n-перехода
23. Токи, протекающие через р-n-переход
24. Туннельные диоды
25. Принцип работы биполярного транзистора
26. Параметры биполярных транзисторов
27. Выходные характеристики транзисторов. Схема с общим эмиттером
28. Структура металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структура)
29. Устройство и принцип работы полевого транзистора МДП-структуры.
30. Полевые транзисторы с управляющим р-n-переходом.
31. Внутренний фотоэффект в полупроводниках. Линейная и квадратичная рекомбинация.
32. Фотоэлектрические свойства р-n-перехода.
33. Основное уравнение полупроводникового фотоэлемента.
34. Уравнение для ВАХ полупроводникового фотоприемника, работающего в фотодиодном режиме.

#### **4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

##### **4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проводится в два этапа: в форме тестирования и в форме экзамена.

Первый этап промежуточной аттестации представляет собой тестирование, проводимое во время лекционных занятий.

Второй этап промежуточной аттестации представляет собой экзамен: ответы на вопросы экзаменационного билета.

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

Максимальный балл за **посещение лекционных занятий** – 10.

**На первом этапе промежуточной аттестации – тестировании** студент отвечает на вопросы теста во время проведения лекционного занятия. Всего вопросов в тесте 64.



Критерий оценивания теста: каждый правильный ответ – 0,5 балла. Максимальное количество баллов – 32. Чтобы тест был зачтен, студент должен набрать минимум 20 баллов. Если тест не зачтен, то до второго этапа экзамена студент не допускается.

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	32-20 баллов	19-0 баллов
Уровень освоения проверяемых компетенций	базовый	недостаточный

**На втором этапе промежуточной аттестации – экзамене** студент отвечает на вопросы экзаменационного билета. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Время подготовки к ответу на вопросы билета – 60 минут. Во время подготовки можно использовать справочные материалы. Максимальный балл за ответы на вопросы билета – 90 баллов.

Критерии оценивания теоретических вопросов:

Характеристики ответа	Баллы	Уровень освоения проверяемых компетенций
Отвечил на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, студент правильно обосновывает принятые решения. Возможны несущественные ошибки.	80-90	высокий
Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул или отсутствие некоторых элементов вывода.	65-80	средний
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.	45-65	базовый
Не может ответить на вопрос базового уровня	0	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 учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными за каждый этап при прохождении промежуточной аттестации.

Критерии оценивания экзамена:

- 0-64 баллов - неудовлетворительно (2);
- 65-89 баллов - удовлетворительно (3);
- 90-111 баллов - хорошо (4);
- 112-132 баллов - отлично (5).



1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке «отлично».
2. Средний уровень соответствует оценке «хорошо».
3. Базовый уровень соответствует оценке «удовлетворительно».
4. Низкий уровень соответствует оценке «неудовлетворительно».

