

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Факультет инновационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ОПОП

 О.В. Вусович

« 30 » 08 2021 г.

Оценочные материалы
текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Полупроводниковая электроника

по направлению подготовки

27.03.05 Инноватика

Направленность (профиль) подготовки:
Управление инновациями в наукоемких технологиях

Форма обучения
Заочная

Квалификация
Бакалавр

1. Планируемые результаты освоения дисциплины

Результаты освоения дисциплины (индикатор достижения компетенции)	Планируемые образовательные результаты (ОР) обучения по дисциплине
ИПК-5.1. Знает и умеет анализировать технико-технологическое решение («лучшие практики»).	ОР 5.1.1 качественно объяснить физические процессы, лежащие в основе действия полупроводниковых приборов различного назначения ОР5.1.2 Вычисление концентрации носителей заряда в полупроводниках. ОР5.1.3 Уметь оценивать качество полупроводниковых материалов создаваемых в результате различных технологий.
ИПК-5.2. Составляет план экспериментальных работ, проводит эксперименты и обрабатывает результаты.	ОР5.2.1 Планировать комплекс экспериментальных работ для оценки качества работы полупроводниковых приборов. ОР5.2.2 Анализировать работу основных типов полупроводниковых приборов, их функциональные возможности и области применения
ИПК-5.3. Проектирует и обосновывает, доказывает технико-технологические решения по тематике исследований.	ОР5.3.1 Умеет проводить измерение электрофизических параметров полупроводников и обосновывает технологию их получения.

2. Этапы достижения образовательных результатов в процессе освоения дисциплины

№	Разделы и(или) темы дисциплин	Образовательные результаты	Формы текущего контроля и промежуточной аттестации
1.	Тема 1. Основные сведения по физике полупроводников	ОР 5.1.1	<i>Текущий контроль: Тесты Контрольная работа Промежуточная аттестация Экзамен</i>
2.	Тема 2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.	ОР 5.1.2 ОР 5.1.3	<i>Тесты Контрольная работа Промежуточная аттестация Экзамен</i>
3.	Тема 3. Контактные явления в полупроводниках. Электронно-дырочные и	ОР5.2.1 ОР5.2.2	<i>Тесты Контрольная работа Промежуточная</i>

	гетеропереходы.		<i>аттестация Экзамен</i>
4.	Тема 4. Биполярные и полевые транзисторы	ОР 5.1.1	<i>Реферат Промежуточная аттестация Экзамен</i>
5.	Тема 5. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	ОР 5.1.1	<i>Реферат Отчет по лабораторной работе Промежуточная аттестация Экзамен</i>

3. Оценочные средства для проведения текущего контроля и методические материалы, определяющие процедуру их оценивания

Текущий контроль проводится в течение семестра с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по ее корректировке, а также для совершенствования методики обучения, организации учебной работы, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

4. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Опрос №1

ВАРИАНТ №1

1. Сколько орбиталей и каково максимальное количество электронов в К- оболочке?
2. Назовите какие носители являются основными в собственном полупроводнике.
3. Поясните суть адиабатического приближения, используемого при решении уравнения Шредингера для кристалла.
4. Заполните пробел в фразе:
«Энергетический спектр электронов в твердом теле представляет собой чередование И ЗОН».
5. Закончите фразу:
«Наивысшая энергетическая зона в твердом теле, которая целиком заполнена электронами в основном состоянии называется».

ВАРИАНТ №2

1. Сколько орбиталей и каково максимальное количество электронов в L – оболочке?
2. Назовите какие носители являются основными в примесном полупроводнике.
3. Поясните суть валентной аппроксимации, используемой при решении уравнения Шредингера для кристалла.

4. Заполните пробел в фразе:

«Энергетический спектр электронов внутри разрешенной зоны

(подсказка: дискретен или непрерывен или квазинепрерывен).

5. Закончите фразу:

«Самая нижняя энергетическая зона в твердом теле, которая содержит свободные от электронов уровни в основном состоянии называется

ВАРИАНТ № 3

1. Сколько орбиталей и каково максимальное количество электронов в М- оболочке?

2. Назовите какие носители являются основными в донорном полупроводнике.

3. Поясните суть одноэлектронного приближения, используемого при решении уравнения Шредингера для кристалла.

4. Заполните пробел в фразе:

«Если Р (величина, обратная прозрачности потенциального барьера) равна ∞ , то это случай (подсказка: абсолютно свободных электронов или абсолютно связанных электронов или сильно связанных электронов)».

5. Закончите фразу:

«Принципиальная разница между диэлектриками и полупроводниками с одной стороны и проводниками с другой стороны заключается в том, что в основном состоянии у проводников в зоне проводимости

ВАРИАНТ № 4

1. Сколько орбиталей и каково максимальное количество электронов в N – оболочке?

2. Назовите какие носители являются основными в акцепторном полупроводнике.

3. Поясните суть введения самосогласованного потенциала, используемого при решении уравнения Шредингера для кристалла.

4. Заполните пробел в фразе:

«График зависимости энергии электрона от волнового вектора представляет собой» (подсказка: параболу или гиперболу или экспоненту).

5. Закончите фразу:

«С точки зрения зонной теории твердого тела разница между диэлектриками и полупроводниками заключается в величине их

4.1. Опрос №2

ВАРИАНТ №1.

1. Назовите какие носители являются основными в собственном полупроводнике.

2. При возрастании температуры удельное сопротивление металлов (возрастает? убывает? не изменяется?), а собственных полупроводников - (возрастает? убывает? не изменяется?).

3. В чем, согласно зонной теории, заключается разница между проводниками и диэлектриками?

4. Заполните пробел в фразе:

«Внутри разрешенной зоны в результате теплового возбуждения электроны могут переходить на более высокие энергетические уровни, если на этих уровнях».

5. Заполните пробел в фразе:

«Энергетический спектр электронов в твердом теле представляет собой чередование и зон».

6. Электропроводность при более низких температурах появляется быстрее у полупроводника (собственного, донорного, акцепторного).

ВАРИАНТ №2 .

1. Назовите, какие носители являются основными в примесном полупроводнике.

2. При возрастании температуры удельное сопротивление металлов (возрастает? убывает? не изменяется?), а примесных полупроводников (возрастает? убывает? не изменяется?).

3. В чем, согласно зонной теории, заключается разница между проводниками и полупроводниками?

4. Заполните пробел в фразе:

«Если в зоне нет ни одного электрона, то при наложении электрического поля эта зона (дает? не дает?) вклад в электропроводность кристалла».

5. Заполните пробел в фразе:

«Энергетический спектр электронов внутри разрешенной зоны».

(подсказка: дискретен или непрерывен или квазинепрерывен).

7. Электропроводность донорного полупроводника при низких температурах обусловлена свободными(электронами, дырками)

ВАРИАНТ № 3.

1. Назовите какие носители являются основными в донорном полупроводнике.

2. При возрастании температуры удельное сопротивление металлов (возрастает? убывает? не изменяется?), а донорных полупроводников - (возрастает? убывает? не изменяется?).

3. В чем, согласно зонной теории, заключается разница между полупроводниками и диэлектриками?

4. Заполните пробел в фразе:

«Если в зоне все возможные состояния заполнены электронами, то эта зона при наложении электрического поля (даёт? не даёт?) вклад в электропроводность кристалла».

5. Закончите фразу:

«Самая нижняя энергетическая зона в твердом теле, которая содержит свободные от электронов уровни в основном состоянии называется

6. При высоких температурах в собственном полупроводнике основными носителями являются

ВАРИАНТ № 4.

1. Назовите какие носители являются основными в акцепторном полупроводнике.

2. При возрастании температуры удельное сопротивление металлов (возрастает? убывает? не изменяется?), а акцепторных полупроводников - (возрастает? убывает? не изменяется?).

3. В чем, согласно зонной теории, заключается разница между полупроводниками и диэлектриками с одной стороны и проводниками с другой стороны?

4. Заполните пробел в фразе:

«Электроны можно считать электронами проводимости только в том случае, если они находятся в разрешенной зоне.

5. Закончите фразу:

«Наивысшая энергетическая зона в твердом теле, которая целиком заполнена электронами в основном состоянии называется

6. Электропроводность акцепторного полупроводника при низких температурах обусловлена свободными (электронами, дырками).

4.2. Опрос №3

ВАРИАНТ №1.

1. В полупроводнике энергетическая плотность состояний по мере удаления от нижнего края зоны проводимости (уменьшается, увеличивается, остается постоянной).

2. В случае невырожденного полупроводника к электронам применима статистика (только Ферми-Дирака, только Максвелла-Больцмана, обе выше перечисленные).

3. В полупроводниках в основном состоянии все разрешенные уровни с энергией большей энергии Ферми (полностью заполнены, частично заполнены, совсем не заполнены) электронами.

4. Если уровень Ферми находится посередине запрещенной зоны, то это означает что полупроводник - (собственный, невырожденный донорный, невырожденный акцепторный, частично вырожденный донорный, частично вырожденный акцепторный, полностью вырожденный).

5. Электропроводность при более низких температурах появляется у полупроводника (собственного, примесного, только донорного, только акцепторного).

ВАРИАНТ №2 .

1. В полупроводнике энергетическая плотность состояний по мере удаления от верхнего края валентной зоны(уменьшается, увеличивается, остается постоянной).
2. В случае вырожденного полупроводника к электронам применима статистика (только Ферми-Дирака, только Максвелла-Больцмана, обе выше перечисленные).
 3. В полупроводниках в основном состоянии все разрешенные уровни с энергией меньшей энергии Ферми(полностью заполнены, частично заполнены, совсем не заполнены) электронами.
 4. Если уровень Ферми находится в запрещенной зоне вблизи дна зоны проводимости (но не ближе $2kT$), то это означает, что полупроводник - (собственный, невырожденный донорный, невырожденный акцепторный, частично вырожденный донорный, частично вырожденный акцепторный, полностью вырожденный).
5. При высоких температурах в собственном полупроводнике основными носителями являются

ВАРИАНТ № 3.

1. В полупроводнике энергетическая плотность состояний вблизи нижнего края зоны проводимости(минимальна, максимальна, одинакова во всей зоне).
2. В случае собственного полупроводника к электронам применима статистика (только Ферми-Дирака, только Максвелла-Больцмана, обе выше перечисленные).
 3. В диэлектриках в основном состоянии все разрешенные уровни с энергией большей энергии Ферми(полностью заполнены, частично заполнены, совсем не заполнены) электронами.
 4. Если уровень Ферми находится в запрещенной зоне вблизи потолка валентной зоны (но не ближе $2kT$), то это означает, что полупроводник - (собственный, невырожденный донорный, невырожденный акцепторный, частично вырожденный донорный, частично вырожденный акцепторный, полностью вырожденный).
5. Электропроводность донорного полупроводника при низких температурах обусловлена свободными(дырками, электронами).

ВАРИАНТ № 4.

1. В полупроводнике энергетическая плотность состояний вблизи верхнего края валентной зоны(минимальна, максимальна, одинакова во всей зоне).
2. В случае невырожденного примесного полупроводника к электронам применима статистика (только Ферми-Дирака, только Максвелла-Больцмана, обе выше перечисленные).
3. В диэлектриках в основном состоянии все разрешенные уровни с энергией меньшей энергии Ферми(полностью заполнены, частично заполнены, совсем не заполнены) электронами.
 4. Если уровень Ферми находится в запрещенной зоне вблизи потолка валентной зоны (причем ближе, чем $2kT$), то это означает, что полупроводник - (собственный, невырожденный донорный, невырожденный акцепторный, частично вырожденный донорный, частично вырожденный акцепторный, полностью вырожденный).
5. Электропроводность акцепторного полупроводника при низких температурах обусловлена свободными(дырками, электронами).

4.3.Опрос №4

ВАРИАНТ №1.

1. В р-п переходе при прямом смещении преобладает компонента тока (диффузионная, дрейфовая, не та и не другая). 2.
- В случае подачи на р-п переход прямого смещения потенциальный барьер для основных носителей заряда (уменьшается, увеличивается, остается неизменным). 3. Если на поверхности полупроводника концентрация основных носителей больше, чем концентрация основных носителей в объеме, то это (обогащение, обеднение, слабая инверсия, сильная инверсия).
4. Если уровень Ферми находится в зоне проводимости, то это означает что полупроводник - (собственный, невырожденный донорный, невырожденный акцепторный, частично вырожденный донорный, частично вырожденный акцепторный, полностью вырожденный). 5.
- Барьерная емкость – это емкость р-п перехода (в отсутствие смещения, при прямом смещении, при обратном смещении).

ВАРИАНТ №2 .

1. В р-п переходе при обратном смещении преобладает компонента тока (диффузионная, дрейфовая, не та и не другая).
2. В случае подачи на барьер Шоттки обратного смещения потенциальный барьер для основных носителей заряда (уменьшается, увеличивается, остается неизменным). 3.
- Если на поверхности полупроводника концентрация основных носителей меньше, чем концентрация основных носителей в объеме, но больше, чем концентрация на поверхности неосновных носителей, то это (обогащение, обеднение, слабая инверсия, сильная инверсия).
4. Если уровень Ферми находится в запрещенной зоне вблизи дна зоны проводимости (но не ближе 2КТ), то это означает, что полупроводник - (собственный, невырожденный донорный, невырожденный акцепторный, частично вырожденный донорный, частично вырожденный акцепторный, полностью вырожденный).
5. Диффузионная емкость – это емкость р-п перехода (в отсутствие смещения, при прямом смещении, при обратном смещении).

ВАРИАНТ № 3.

1. В р-п переходе при прямом смещении преобладает ток носителей тока (основных, неосновных, вклад обоих одинаков).
2. В случае подачи на барьер Шоттки прямого смещения потенциальный барьер для основных носителей заряда (уменьшается, увеличивается, остается неизменным). 3.
- Если на поверхности полупроводника концентрация неосновных носителей больше, чем концентрация основных, но меньше, чем концентрация основных носителей в объеме, то это (обогащение, обеднение, слабая инверсия, сильная инверсия).
4. Если уровень Ферми находится в запрещенной зоне вблизи потолка валентной зоны (но не ближе 2КТ), то это означает, что полупроводник - (собственный, невырожденный донорный, невырожденный акцепторный, частично вырожденный донорный, частично вырожденный акцепторный, полностью вырожденный).
5. Барьерная емкость р-п перехода обусловлена (изменением заряда на металлургической границе, изменением заряда ионизованных примесей в ОПЗ, изменением заряда инжектированных через переход свободных носителей заряда).

Вопросы по курсу «Полупроводниковая электроника».

1. Классификация веществ по удельной электрической проводимости. Полупроводники.
2. Модельное представление и зонная диаграмма собственного полупроводника.
3. Модельное представление и зонная диаграмма донорного полупроводника.
4. Модельное представление и зонная диаграмма акцепторного полупроводника.
5. Зоны разрешенных значений энергии в кристалле. Образование зон энергии из энергетических уровней при сближении атомов.
6. Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории твердых тел.
7. Главная задача статистики электронов и дырок в кристаллах. Функции плотности состояний и функции распределения свободных носителей заряда.
8. Расчет концентрации носителей заряда в собственном полупроводнике.
9. Расчет концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.
10. Температурная зависимость электропроводности в собственном полупроводнике. Модельные представления и зонные диаграммы процесса нагревания.
11. Температурная зависимость электропроводности в донорном полупроводнике. Модельные представления и зонные диаграммы процесса нагревания.
12. Температурная зависимость электропроводности в акцепторном полупроводнике. Модельные представления и зонные диаграммы процесса нагревания.
13. Положение уровня Ферми в собственном и примесном полупроводнике.
14. Электропроводность полупроводников. Токи в полупроводниках.
15. Неравновесные носители заряда в полупроводниках. Уравнение непрерывности.
16. Внешняя и термодинамическая работы выхода в полупроводниках n- и p-типа. Уравнение Ричардсона.
17. Эффект поля. Зонная диаграмма при эффекте поля.
18. Контакт металл-полупроводник. Барьер Шоттки.
19. Зонная диаграмма барьера Шоттки при внешнем напряжении.
20. Вольт-амперная характеристика барьера Шоттки.
21. Образование и зонная диаграмма p-n перехода.
22. Физический и металлургический p-n переход. Симметричный и несимметричный p-n переход.
23. Компоненты тока в p-n переходе в равновесном и неравновесном (при наличии внешнего напряжения) состоянии.
24. Вольт-амперная характеристика p-n перехода.
25. Барьерная и диффузионная емкости p-n перехода.
26. Гетеропереходы. Определение, условия практического существования, области применения.
27. Гетеропереходы. Примеры зонных диаграмм и области применения.
28. Виды излучательной и безызлучательной рекомбинации. Внутренний квантовый выход люминесценции полупроводникового материала.
29. Рекомбинационное излучение полупроводников при фундаментальных переходах. Прямые и непрямые переходы.
30. Рекомбинационное излучение при переходах между зоной и примесными уровнями.
31. Спектр рекомбинационного излучения.
32. Механизмы инжекции неосновных носителей заряда в излучающем диоде.
33. Мощность излучения диода. Внутренний и внешний квантовые выходы, эффективность инжекции, коэффициент вывода излучения.
34. Спонтанное и вынужденное излучение атома. Инверсионная заселенность энергетических уровней. Трехуровневая система.
35. Условия создания инверсионной заселенности уровней в лазерных полупроводниковых диодах. Зависимость интенсивности излучения полупроводникового лазера от уровня

возбуждения.

36. Внутренний фотоэффект. Собственное, примесное и экситонное поглощение и их вклад в фотопроводимость.
37. Фотопроводимость. Фоторезистивный эффект.
38. Влияние поверхностной рекомбинации и диффузии носителей заряда на спектральные характеристики фототока.
39. Характеристики и параметры фоторезисторов. Релаксация фотопроводимости.
40. Фотоэффект в p-n переходе. Фотогальванический режим. Вентильная фото-ЭДС. Солнечные батареи.
41. Фотодиодный режим полупроводникового диода. Характеристики полупроводникового фотодиода как приемника оптического излучения.