ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

 ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Микро- и наноэлектроника»

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

по дисциплине

**Б1.О.25 \_«Физические основы микро- и наноэлектроники»**

Направление подготовки

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Уровень подготовки

Академический бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Рязань 2020 г

**Оценочные материалы** – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

**Цель** – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

**Основная задача** – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимися в соответствии с этими требованиями.

ОПК-1.1 - демонстрирует знание фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов;

ОПК-1.2 - применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.

**Контроль знаний** проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения индивидуальных заданий на лабораторных работах. При оценивании результатов освоения лабораторных работ применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных работ и их тематика определена рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой.

Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленного для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением экзамена. Форма проведения экзамена – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включаются два теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п.

***Паспорт оценочных материалов по дисциплине***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Код контролируемой компетенции (или её части) | Вид, метод, форма оценочного мероприятия |
| 1 | Введение | ОПК-1.1 | экзамен |
| 2 | Основные приближения зонной теории твердого тела | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 3 | Собственные и примесные полупроводники | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 4 | Кинетические явления в твердых телах | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 5 | Процессы переноса в металлах | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 6 | Кинетические явления в полупроводниках | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 7 | Оптические явления в твердых телах | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 8 | Явления в сильных электрических полях | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 9 | Контактные и поверхностные явления в твердых телах | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 10 | Сверхпроводимость | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 11 | Неупорядоченные твердые тела | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 12 | Особенности жидкого состояния вещества | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 13 | Вещества, сочетающие порядок и беспорядок | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 14 | Наноматериалы и нанотехнологии | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |
| 15 | Заключение | ОПК-1.1, ОПК-1.2 | экзамен |

***Шкала оценки сформированности компетенций***

В процессе оценки сформированности знаний, умений и навыков обучающегося по дисциплине, производимой на этапе промежуточной аттестации в форме экзамена, используется балльная оценочная шкала:

**«Отлично»** заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умения свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется обучающимся, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

**«Хорошо»** заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способный к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

**«Удовлетворительно»** заслуживает обучающийся, обнаруживший знание учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающих необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

**«Неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

***Типовые контрольные задания или иные материалы***

***Примеры контрольных вопросов к лабораторным занятиям по дисциплине***

*Определение холловской подвижности и концентрации основных носителей заряда в полупроводниках*:

1. Объясните физическую природу эффекта Холла. Получите выражение для холловской разности потенциалов.

2. Покажите траектории движения электрона и дырки в кристалле при воздействии на него ортогонально направленных электрического и магнитных полей.

3. Расскажите о достоинствах и недостатках рассмотренного метода исследования эффекта Холла.

4. Как учитывается дрейфовая скорость при определении холловской ЭДС в вырожденных и невырожденных полупроводниках? При ответе используйте соответствующие функции распределения.

5. Как изменяется постоянная Холла в полупроводниках р–типа с ростом температуры?

6. Каковы основные области применения эффекта Холла?

*Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках*:

1.Поясните, какие носители заряда являются основными, неосновными, равновесными и неравновесными?

2.Напишите уравнение непрерывности. Объясните возможные механизмы изменения концентрации неравновесных носителей заряда.

3.Расскажите о существующих механизмах рекомбинации носителей заряда.

4.Сделайте вывод уравнения Эйнштейна.

5.Поясните физический принцип определения диффузионной длины и времени жизни неосновных, неравновесных носителей заряда.

6.Выведите выражение для диффузионной длины неравновесных носителей заряда. Поясните графиком, дайте определение диффузионной длины.

*Изучение германиевых и кремниевых плоскостных диодов:*

1.Какие процессы наблюдаются при контакте двух полупроводников с различным типом проводимости? Поясните ответ рисунками.

2.Расскажите о контакте металла с полупроводником.

3.Сделайте вывод выражения для толщины слоя ОПЗ.

4.Как влияет внешнее поле на состояние p–n–перехода? Поясните ответ с помощью зонных диаграмм контактов.

5.Что такое барьерная емкость p–n–перехода? Как она зависит от приложенного внешнего поля?

6.Расскажите о физической природе прямого и обратного токов.

7.Объясните экспериментально полученную зависимость прямого и обратного токов от температуры.

***Примеры типовых тестовых заданий для самостоятельной работы***

*Тема: Диодная и диффузионная теории выпрямления на контакте металл – полупроводник:*

1. Физическим барьерным слоем (барьером Шоттки) называется запирающий слой, толщина которого:

- определяется только разностью работ выхода контактирующих материалов (***eVк = Wм - Wп***);

- определяется только концентрацией свободных носителей зарядов в полупроводнике (***n0***);

- определяется только электрофизическими параметрами контактирующих материалов (***Vк, n0, ε***) и не зависит от величины внешнего приложенного напряжения (***Vвнеш***);

- определяется электрофизическими параметрами контактирующих материалов (***Vк, n0, ε***) и зависит от величины внешнего приложенного напряжения (***Vвнеш***).

2. Химическим барьерным слоем (барьером Мотта) называется запирающий слой, который представляет собой:

- слой иного состава, отличающийся высокой концентрацией свободных носителей заряда;

- слой иного состава, отличающийся низкой концентрацией свободных носителей заряда;

- поверхностный слой полупроводника, отличающийся более высокой концентрацией свободных носителей заряда по сравнению с объемом;

- поверхностный слой полупроводника, отличающийся более низкой концентрацией свободных носителей заряда по сравнению с объемом.

3. Тонким запирающим (барьерным) слоем называют слой, толщина которого:

- много больше длины свободного пробега носителей зарядов;

- не больше длины свободного пробега носителей зарядов;

- не меньше длины свободного пробега носителей зарядов;

- много меньше длины свободного пробега носителей зарядов.

4. Тонкий запирающий слой можно рассматривать подобно:

- слою твердого диэлектрика между токоведущими частями;

- слою жидкого диэлектрика в электролитическом конденсаторе;

- воздушному зазору между электродами плоского конденсатора;

- вакуумному зазору между электродами электронной лампы.

5. Плотность тока из полупроводника в металл ***jп-м*** для тонкого запирающего слоя можно определять как:

- перенос носителей заряда за счет процессов генерации и рекомбинации в ОПЗ;

- пролет носителей заряда через ОПЗ под действием сил зеркального изображения;

- дрейф носителей заряда за счет контактной разности потенциалов;

- плотность тока термоэлектронной эмиссии.

6. ВАХ контакта металл – полупроводник по диодной теории описывается формулой:

- ***j = js[exp(eV/kT)-1]***;

- ***j = js[exp(eV/2kT)-1]***;

- ***j = js[exp(-eV/kT)-1]***;

- ***j = js[exp(-eV/2kT)-1]***.

7. Плотность тока насыщения ***js*** в тонком запирающем слое можно определить:

- как разность тока из металла в полупроводник ***jм*** и из полупроводника в металл ***jп*** при ***V > 0***;

- как разность тока из металла в полупроводник ***jм*** и из полупроводника в металл ***jп*** при ***V < 0***;

- как сумму токов из металла в полупроводник ***jм*** и из полупроводника в металл ***jп*** при ***V = 0***;

- из условия равенства токов из металла в полупроводник ***jм*** и из полупроводника в металл ***jп*** при ***V = 0***.

8. На выпрямляющие свойства тонкого запирающего слоя не влияют:

- состояние поверхности полупроводника;

- силы зеркального изображения;

- время максвелловской релаксации заряда;

- концентрация глубоких уровней в запрещенной зоне (дефектов кристаллической решетки).

9. Выберите ВАХ, соответствующую тонкому запирающему слою (диодной теории выпрямления):



10. Толстым запирающим (барьерным) слоем называют слой, толщина которого:

- значительно больше длины свободного пробега носителей зарядов;

- соизмерима с длиной свободного пробега носителей зарядов;

- значительно меньше длины свободного пробега носителей зарядов;

- никак не связана с длиной свободного пробега носителей зарядов.

11. При расчете плотности тока через толстый запирающий слой необходимо учитывать:

- только дрейфовую составляющую тока;

- только диффузионную составляющую тока;

- как дрейфовую, так и диффузионную составляющие тока;

- ток термоэлектронной эмиссии.

12. Плотность тока насыщения ***js*** в толстом запирающем слое:

- никак не зависит от величины внешнего напряжения;

- зависит от величины внешнего напряжения только при прямом включении (***V > 0***);

- зависит от величины внешнего напряжения только при обратном включении(***V < 0***);

- зависит от величины внешнего напряжения при любом включении.

13. Выберите ВАХ, соответствующую толстому запирающему слою (диффузионной теории выпрямления):



14. Реальным физическим процессам, протекающим на контакте металл – полупроводник, больше соответствует:

- диодная теория выпрямления;

- диффузионная теория выпрямления;

- диодная или диффузионная теория выпрямления в зависимости от характеристик контакта;

- ни одна из теорий не соответствует в полной мере.

*Тема: Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках:*

1. Собственное (фундаментальное) поглощение света в полупроводнике соответствует:

- переходу электрона с примесного уровня в запрещенной зоне в зону проводимости;

- переходу электрона из валентной зоны в зону проводимости;

- переходу электрона из валентной зоны с образованием связанной с ним дырки без перехода в зону проводимости;

- переходу электрона внутри зоны проводимости на более высокий энергетический уровень.

2. Красная граница фотоэффекта - это:

- минимальная частота νmin фотона света, необходимая для возникновения фотоэффекта;

- максимальная частота νmax фотона света, необходимая для возникновения фотоэффекта;

- минимальная длина волны λmin фотона света, необходимая для возникновения фотоэффекта;

- максимальная энергия hνmax фотона света, необходимая для возникновения фотоэффекта.

3. В процессе поглощения света в твердом теле выполняются:

- только закон сохранения энергии;

- только закон сохранения импульса;

- одновременно и закон сохранения энергии и закон сохранения импульса;

- ни закон сохранения энергии, ни закон сохранения импульса.

4. Выражение, связывающее между собой интенсивность падающего света ***I***, интенсивность поглощенного света ***dI*** при прохождении лучом пути ***dx*** и коэффициент поглощения ***α***, записывается следующим образом:

- ***dI = ln(αIdx)***;

- ***dI = exp(-αIdx)***;

- ***dI = αIdx***;

- ***dI = -αIdx***.

5. Оптическая ширина запрещенной зоны полупроводника не зависит от:

- температуры;

- давления;

- длины волны падающего света;

- концентрации носителей заряда.

6. Полоса поглощения, связанная с ионизацией примесных центров в полупроводнике, относительно полосы собственного поглощения:

- сдвинута в сторону длинных волн;

- сдвинута в сторону коротких волн;

- совпадает с полосой собственного поглощения;

- соответствует фотонам с более высокой энергией.

7. При экситонном поглощении в твердом теле возникает система из:

- свободного электрона и неподвижной дырки;

- свободной дырки и неподвижного электрона;

- связанных между собой электрона и дырки, способной перемещаться по кристаллу;

- связанных между собой электрона и дырки, участвующих в электропроводности.

8. При поглощении света свободными носителями заряда:

- только электроны могут переходить на более высокие уровни в зоне проводимости;

- только дырки могут переходить на более высокие энергетические уровни в валентной зоне;

- оба типа носителей могут переходить на более высокие энергетические уровни за пределы своих зон;

- оба типа носителей могут переходить на более высокие энергетические уровни в пределах своих зон.

9. Поглощение света кристаллической решеткой связано с:

- с изменением энергии колебаний атомов кристаллической решетки;

- с разрывом ковалентных связей между атомами кристаллической решетки;

- с ионизацией примесных атомов в кристаллической решетке;

- с "разогревом" электронно-дырочного газа в кристаллической решетке.

10. Укажите ***неверное*** утверждение:

- внутренний фотоэффект в полупроводниках связан с генерацией свободных носителей заряда;

- внутренний фотоэффект в полупроводниках связан с эмиссий электронов за пределы кристалла;

- внутренний фотоэффект в полупроводниках связан с возникновением фотопроводимости;

- внутренний фотоэффект в полупроводниках связан с уменьшением удельного сопротивления.

11. Квантовый выход фотоэффекта в случае собственного поглощения при монохроматическом освещении - это:

- отношение числа сгенерированных электрон-дырочных пар к энергии падающих фотонов;

- отношение числа сгенерированных электрон-дырочных пар к длине волны падающих фотонов;

- отношение числа сгенерированных электрон-дырочных пар к частоте падающих фотонов;

- отношение числа сгенерированных электрон-дырочных пар к числу падающих фотонов.

12. Релаксация фотопроводимости характеризует переходные процессы после включения и выключения освещения. Укажите правильный вариант зависимости избыточной концентрации от времени после включения и выключения света:



13. Влияние поверхностной рекомбинации на фотопроводимость больше:

- в инфракрасной области спектра;

- в видимой области спектра;

- в ультрафиолетовой области спектра;

- не зависит от длины волны падающего излучения.

14. Вентильная фото-ЭДС заключается в:

- увеличении контактной разности p-n перехода при освещении;

- понижении контактной разности p-n перехода при освещении;

- уменьшении плотности тока основных носителей заряда через p-n перехода при освещении;

- уменьшении плотности тока неосновных носителей заряда через p-n перехода при освещении.

15. Фото-ЭДС в полупроводниках ***не может*** быть использована:

- в качестве источника энергии в фотоэлектрических преобразователях;

- в детекторах ИК, видимого и УФ излучения;

- в детекторах высокоэнергетического электромагнитного излучения (рентгеновское, γ-излучение);

- в детекторах низкоэнергетического электромагнитного излучения (радиодиапазон).

*Тема: Тепловые свойства твердых тел:*

1. Атомы (молекулы, ионы) в твердом теле:

- находятся в узлах кристаллической решетки и неподвижны;

- находятся в узлах кристаллической решетки и совершают колебания около положения своего равновесия;

- непрерывно перемешаются (перескакивают) из одного положения равновесия в другое;

- находятся в состоянии хаотического теплового движения.

2. Колебание, возникшее у одной частицы, немедленно передается соседним частицам, и в кристалле возбуждается коллективное движение из-за:

- сил электростатического взаимодействия;

- сил межатомного взаимодействия;

- сил электромагнитного взаимодействия;

- сил гравитационного взаимодействия.

3. Нормальные колебания кристаллической решетки – это:

- вибрация твердого тела с определенной частотой;

- движение отдельных групп частиц в виде упругой волны;

- движение отдельных частиц в виде совокупности синусоидальных волн;

- коллективное движение частиц в виде совокупности синусоидальных волн.

4. В колебательной системе, состоящей из N атомов, обладающих тремя степенями свободы каждый, можно возбудить:

- 3N нормальных колебаний;

- 3N нормальных колебаний;

- N3 нормальных колебаний;

- 33N-1 нормальных колебаний.

5. Одномерная модель твердого тела – это:

- линейная цепочка атомов, находящихся на расстоянии ***а*** друг от друга;

- моноатомная плоскость, состоящая из элементарных ячеек площадью ***а2***;

- идеальная пространственная кристаллическая решетка;

- реальная пространственная кристаллическая решетка с дефектами.

6. Линейная цепочка состоит из ***N*** атомов, находящихся на расстоянии ***а*** друг от друга. При этом максимальная длина волны ***λmax*** равна:

- ***λmax = (N+1)∙a****;*

- ***λmax = N∙a****;*

- ***λmax = 2N∙a****;*

- ***λmax = 2(N-1)∙a****.*

7. Линейная цепочка состоит из ***N*** атомов, находящихся на расстоянии ***а*** друг от друга. При этом минимальная длина волны ***λmin*** равна:

- ***λmin = Na/2****;*

- ***λmin = 2a****;*

- ***λmin = a/2****;*

- ***λmin = a2/N****.*

8. Для твердых тел с дискретной структурой имеет место явление ***дисперсии***, которое представляет собой:

- независимость скорости распространения колебаний от длины волны;

- зависимость скорости распространения колебаний от длины волны;

- независимость частоты колебаний от длины волны;

- зависимость частоты колебаний от длины волны.

9. Дисперсионная кривая - это:

- зависимость частоты колебания ***ω*** от межатомного расстояния ***а***;

- зависимость частоты колебания ***ω*** от волнового вектора ***q*** (длины волны ***λ***);

- зависимость длины волны ***λ*** от фазовой скорости ***v*** распространения колебаний;

- зависимость длины волны ***λ*** от волнового вектора ***q***.

10. Акустические колебания можно представить как:

- нормальные колебания одномерной цепочки, состоящих из атомов двух разных типов, которые совершают колебания в противоположной фазе;

- нормальные колебания одномерной цепочки из одинаковых атомов, которые совершают колебания в противоположной фазе;

- нормальные колебания одномерной цепочки, состоящих из атомов двух разных типов, которые совершают колебания в одной фазе;

- нормальные колебания одномерной цепочки из одинаковых атомов, которые совершают колебания в одной фазе.

11. Оптические колебания можно представить как:

- нормальные колебания одномерной цепочки, состоящих из атомов двух разных типов, которые совершают колебания в противоположной фазе;

- нормальные колебания одномерной цепочки из одинаковых атомов, которые совершают синхронные колебания;

- нормальные колебания одномерной цепочки, состоящих из атомов двух разных типов, которые совершают колебания в одной фазе;

- нормальные колебания одномерной цепочки из одинаковых атомов, которые совершают колебания в одной фазе.

12. Каждое из нормальных колебаний решетки может иметь только дискретное значение энергии, которое на частоте ***ω*** равна:

- ***En = (n/2)ħω, n = 0, 1, 2, …*** *;*

- ***En = (n-1/2)ħω, n = 0, 1, 2, …*** *;*

- ***En = (n+1/2)ħω, n = 0, 1, 2, …*** *;*

- ***En = (2n-1)ħω, n = 0, 1, 2, …***.

13. Минимальная порция энергии, которую может поглотить или испустить решетка при тепловых колебаниях с частотой ***ω***, равна:

- ***E = ħω/kT****;*

- ***E = ħω/2kT****;*

- ***E = ħω****;*

- ***E = ħω/2***.

14. Фонон – это:

- порция потенциальной энергии взаимодействия частиц в кристаллической решетке;

- порция кинетической энергии частицы в узле кристаллической решетки;

- квант энергии электромагнитных колебаний кристаллической решетки;

- квант энергии тепловых колебаний кристаллической решетки.

15. Распределение фононов по энергиям описывается функцией:

- Максвелла-Больцмана;

- Ферми-Дирака;

- Бозе-Эйнштейна;

- Шредингера.

*Тема: Эффект Холла:*

1. Эффект Холла относится:

- к контактным явлениям;

- к гальваномагнитным явлениям;

- к термоэлектрическим явлениям;

- к фотоэлектрическим явлениям.

2. Эффект Холла заключается:

- в возникновении ЭДС при пропускании через образец переменного электрического тока в отсутствие внешнего магнитного поля;

- в возникновении дополнительной ЭДС в направлении внешнего электрического поля при воздействии на образец переменного магнитного поля;

- в возникновении ЭДС в направлении, перпендикулярном току, при помещении образца в поперечное магнитное поле;

- в возникновении ЭДС в цепи, состоящей из двух различных твердых тел, при наличии разности температур спаев.

3. Укажите направление ЭДС Холла в полупроводнике n-типа:



4. Укажите направление ЭДС Холла в полупроводнике p-типа:



5. Укажите направление ЭДС Холла в собственном полупроводнике:



6. Величина ЭДС Холла в конкретном образце полупроводника определяется:

- динамическим равновесием силы Лоренца и силы Ампера;

- динамическим равновесием силы Лоренца и силы Кулона;

- динамическим равновесием силы Лоренца и силы зеркального изображения;

- динамическим равновесием силы Лоренца и силы внешнего магнитного поля.

7. Укажите формулу для коэффициента Холла в собственном полупроводнике:

- *;*

- *;*

- *;*

- *.*

8. Коэффициент «А» в формуле для коэффициента Холла (смотри вопрос 7) учитывает:

- дрейфовую подвижность носителей во внешнем электрическом поле;

- различие в подвижности электронов и дырок;

- рассеяние носителей заряда на тепловых колебаниях решетки (ионизированных примесях);

- температурную зависимость коэффициента Холла.

9. Укажите график температурной зависимости коэффициента Холла в полупроводнике n-типа:



10. Укажите график температурной зависимости коэффициента Холла в полупроводнике p-типа:



11. Что нельзя определить с помощью эффекта Холла:

- концентрацию носителей заряда в полупроводнике;

- индукцию магнитного поля;

- ширину запрещенной зоны полупроводника;

- энергию активации глубоких уровней в полупроводнике.

***Список типовых контрольных вопросов экзамену по дисциплине:***

1. Классификация конденсированных сред (материалов) по агрегатному состоянию.

2. Классификация конденсированных сред (материалов) по структуре.

3. Основные типы химических связей в конденсированных средах (материалах).

4. Классификация конденсированных сред (материалов) по электрическим свойствам.

5. Диэлектрики. Электропроводность диэлектриков.

6. Полупроводники. Электропроводность полупроводников.

7. Связь электрических свойств с типом структуры и видом химической связи в конденсированных средах (материалах).

8. Основные свойства и параметры монокристаллов. Простые решетки.

9. Основные свойства и параметры монокристаллов. Решетки с базисом.

10. Метод кристаллографического индицирования. Индексы узлов, направлений и плоскостей.

11. Дефекты монокристаллов. Дефекты по Френкелю и по Шоттки.

12. Дефекты монокристаллов. Линейные дефекты.

13. Дефекты монокристаллов. Поверхностные дефекты.

14. Основные особенности и принципы квантовой механики. Волны де Бройля. Формула для энергии и длины волны.

15. Основные особенности и принципы квантовой механики. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

16. Свойства волновой функции микрочастицы. Применение уравнения Шредингера к описанию движения свободной микрочастицы. Закон дисперсии.

17. Свойства волновой функции микрочастицы. Квантовые числа электрона.

18. Элементы зонной теории твердого тела. Образование разрешенных и запрещенных энергетических зон твердого тела.

19. Эффективная масса микрочастицы.

20. Вырожденные и невырожденные коллективы микрочастиц. Функции распределения.

21. Вырожденные и невырожденные коллективы микрочастиц. Обобщенная функция распределения.

22. Невырожденные полупроводники. Расчет равновесной концентрации носителей заряда в собственных полупроводниках.

23. Невырожденные полупроводники. Расчет равновесной концентрации носителей заряда в донорных полупроводниках.

24. Невырожденные полупроводники. Расчет равновесной концентрации носителей заряда в акцепторных полупроводниках.

25. Собственные полупроводники. Электронейтральность в полупроводниках.

26. Донорные полупроводники. Электронейтральность в полупроводниках.

27. Акцепторные полупроводники. Электронейтральность в полупроводниках.

28. Компенсированные полупроводники. Электронейтральность в полупроводниках.

29. Основные и неосновные носители заряда. Закон действующих масс.

30. Равновесные и неравновесные носители заряда в полупроводниках. Квазиуровни Ферми.

31. Равновесные и неравновесные носители заряда в полупроводниках. Время жизни неравновесных носителей.

32. Виды рекомбинации носителей заряда в полупроводниках. Время жизни носителей заряда.

33. Диффузионное уравнение.

34. Уравнение Эйнштейна.

35. Тепловые свойства твердых тел. Понятие о нормальных колебаниях кристаллической решетки. Понятие о фононах.

36. Термоэлектрические явления (Зеебека, Пельтье, Томсона).

37. Эффект Холла.

38. Максвелловская релаксация в полупроводниках и диэлектриках.

39. Дебаевская длина экранирования.

40. Контактные явления. Термодинамическая работа выхода.

41. Контакт двух металлов. Контактная разность потенциалов.

42. Контакт металл – полупроводник.

43. Эффект Шоттки.

44. Механизмы переноса заряда через барьер.

45. Диодная теория выпрямления на контакте металл – полупроводник.

46. Диффузионная теория выпрямления на контакте металл – полупроводник.

47. Барьер Мотта.

48. Влияние глубоких центров на параметры ОПЗ.

49. Классическая модель формирования p-n переходов в кристаллических полупроводниках.

50. Барьерная емкость p-n переходов.

51. ВАХ тонкого p-n перехода.

52. Зонные диаграммы p+-p, n+-n, p-i-n переходов. Гетеропереходы.

53. Свойства реальной поверхности. Поверхностный заряд и его влияние на свойства полупроводника. Быстрые и медленные состояния.

54. Поверхностная проводимость. Эффект поля.

55. Полевые транзисторы с p-n переходом и изолированным затвором.

56. Вольт-фарадные характеристики МДП-структур.

57. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках. Фотопроводимость и поглощение света в полупроводниках. Спектральная кривая поглощения.

Составил

доцент кафедры

микро- и наноэлектроники Мишустин В.Г.

Зав. кафедрой микро- и наноэлектроники

д.ф.-м.н., доцент Литвинов В.Г.