

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»
Кафедра конструирования узлов и деталей РЭА

ИЗБРАННЫЕ ГЛАВЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Методические указания по самостоятельной работе по дисциплинам «Избранные главы физики твердого тела» и «Основы кристаллографии» для студентов направления «211000 Конструирование и технология электронных средств»

Кистенева М.Г.

Избранные главы физики твердого тела = Избранные главы физики твердого тела: Методические указания по самостоятельной работе по дисциплинам «Избранные главы физики твердого тела» и «Основы кристаллографии» для студентов направления «Конструирование и технология электронных средств» / М.Г. Кистенева. Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2012. – 30 с.

Цель дисциплин «Избранные главы физики твердого тела» и «Основы кристаллографии» состоит в том, чтобы дать студентам представление о фундаментальных основах физики твердого тела и кристаллографии, об особенностях структуры кристаллов, о роли, которую играет симметрия при объяснении свойств твёрдых тел, о влиянии дефектов на свойства твёрдых тел, развить у студентов системное понимание процессов, происходящих в материалах электронных средств.

Задача курса заключается в том, чтобы научить студентов:

- самостоятельно получать необходимые знания по теоретическим основам физики твердого тела и основам кристаллографии;
- современным подходам и методам, используемым для анализа и описания свойств твердых тел;
- методам расчета основных параметров твердых тел.

В ходе освоения данной дисциплины у студентов формируются:

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-10);
- способность владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных (ПК-5);
- готовность проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчеты (ПК-20).

Методические указания предназначены для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Конструирование и технология электронных средств» по курсу «Избранные главы физики твердого тела».

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»
Кафедра конструирования узлов и деталей РЭА
УТВЕРЖДАЮ Зав. кафедрой КУДР _____ С.Г. Еханин «__» _____ 2012 г.

ИЗБРАННЫЕ ГЛАВЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА (ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ)

Методические указания по самостоятельной работе по дисциплинам
«Избранные главы физики твердого тела» и «Основы кристаллографии»
для студентов направления 211000.62 «Конструирование и технология
электронных средств»

Разработчик

_____ М.Г. Кистенева
«__» _____ 2012 г.

Содержание

Введение	6
Раздел 1 Строение атома.....	7
1.1 Содержание раздела.....	7
1.2 Методические указания по изучению раздела.....	7
1.3 Вопросы для самопроверки	7
Раздел 2 Физико-химические вопросы строения вещества	7
2.1 Содержание раздела	7
2.2 Методические указания по изучению раздела.....	7
2.3 Вопросы для самопроверки	8
Раздел 3 Кристаллическое состояние вещества	8
3.1 Содержание раздела	8
3.2 Методические указания по изучению раздела.....	8
3.3 Вопросы для самопроверки	8
Раздел 4 Методы выращивания кристаллов и методы исследования структуры кристаллов.....	9
4.1 Содержание раздела	9
4.2 Методические указания по изучению раздела.....	9
4.3 Вопросы для самопроверки	9
Раздел 5 Основы зонной теории твердых тел.....	9
5.1 Содержание раздела	9
5.2 Методические указания по изучению раздела.....	9
5.3 Вопросы для самопроверки	10
Раздел 6 Электропроводность металлов	10
6.1 Содержание раздела	10
6.2 Методические указания по изучению раздела.....	10
6.3 Вопросы для самопроверки	10
Раздел 7 Электропроводность полупроводников и диэлектриков	11
7.1 Содержание раздела	11
7.2 Методические указания по изучению раздела.....	11
7.3 Вопросы для самопроверки	11

8	Лабораторные работы	11
9	Практические занятия	12
10	Подготовка к контрольной работе.....	13
11.1	Теоретические вопросы для тестового опроса	14
12	Тестовые вопросы	18
12.1	Строение атома.....	18
12.2	Кристаллическое состояние вещества.....	19
12.3	Дефекты кристаллической структуры.....	21
12.4	Электропроводность металлов	23
	Заключение	27
	Рекомендуемая литература	28

Введение

Дисциплины «Избранные главы физики твердого тела» и «Основы кристаллографии» являются важным компонентом математического и естественнонаучного цикла подготовки бакалавров по направлению «Конструирование и технология электронных средств». Цель дисциплин «Избранные главы физики твердого тела» и «Основы кристаллографии» состоит в том, чтобы дать студентам представление о фундаментальных основах физики твердого тела и кристаллографии, об особенностях структуры кристаллов, о роли, которую играет симметрия при объяснении свойств твёрдых тел, о влиянии дефектов на свойства твёрдых тел, развить у студентов системное понимание процессов, происходящих в материалах электронных средств.

Задача курса заключается в том, чтобы научить студентов:

- самостоятельно получать необходимые знания по теоретическим основам физики твердого тела и основам кристаллографии;
- современным подходам и методам, используемым для анализа и описания свойств твердых тел;
- методам расчета основных параметров твердых тел.

Дисциплины «Избранные главы физики твердого тела» и «Основы кристаллографии» относятся к вариативной части Математического и естественнонаучного цикла (Б2) основной образовательной программы по направлению подготовки «Конструирование и технология электронных средств». Данные дисциплины являются основой для изучения дисциплины «Физические основы микро- и нанoeлектроники».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: физико-химические свойства твердых тел;

уметь: рассчитывать основные электрофизические параметры твердых тел;

владеть: навыками измерения электрических параметров твердых тел.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-10);

- способность владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных (ПК-5);

- готовность проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчеты (ПК-20).

Раздел 1 Строение атома

1.1 Содержание раздела

Модель атома Резерфорда. Постулаты Бора. Модель атома Бора. Квантово-механическое описание строения атома. Квантовые числа атома водорода. Распределение электронов по энергетическим уровням. Принцип Паули. Периодическая система элементов.

1.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Строение атома» следует ознакомиться с существующими моделями атома, проследить развитие представление о строении атома.

1.3 Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается модель атома Резерфорда?
2. Что такое постулаты Бора?
3. В чем заключается модель атома Бора?
4. Каковы основные принципы квантово-механического описания строения атома?
5. Какими квантовыми числами характеризуется атом водорода?
6. Какими соотношениями связаны квантовые числа?
7. В чем заключается распределение электронов по энергетическим уровням?
8. В чем заключается принцип Паули?
9. На чем основывается периодическая система элементов?
10. Как обозначаются электронные оболочки в атоме?

Раздел 2 Физико-химические вопросы строения вещества

2.1 Содержание раздела

Физико-химические вопросы строения вещества и связь с электрическими и магнитными свойствами. Химические связи. Агрегатное состояние вещества.

2.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Физико-химические вопросы строения вещества» следует обратить внимание на физико-химические вопросы строения вещества и связь с электрическими и магнитными свойствами, вспомнить виды агрегатного состояния вещества. Для лучшего понимания других разделов важно понять, как влияет вид химической связи на физико-химические свойства вещества.

2.3 Вопросы для самопроверки

1. Что такое межатомные химические связи?
2. Что такое ионная связь?
3. Что такое ковалентная связь?
4. Для каких веществ характерны ионная и ковалентная связь?
5. Что такое донорно-акцепторная связь?
6. Что такое металлическая связь?
7. Что такое межмолекулярные связи?
8. Назовите основные виды межмолекулярных связей.
9. Назовите основные виды агрегатного состояния вещества.
10. Какие виды агрегатного состояния относятся к конденсированному состоянию?

Раздел 3 Кристаллическое состояние вещества

3.1 Содержание раздела

Кристаллическое и аморфное состояние вещества. Типы кристаллических решеток. Параметры решетки. Индексы Миллера. Анизотропия кристаллов. Дефекты кристаллической структуры.

3.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Кристаллическое состояние вещества» следует обратить внимание на типы кристаллических решеток, параметры, которыми характеризуется кристаллическая решетка, основные свойства кристаллов.

3.3 Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные признаки кристаллического состояния вещества?
2. Перечислите основные типы ячеек кристаллических решеток.
3. Перечислите основные параметры кристаллической решетки.
4. Что такое анизотропия?
5. Почему свойства кристаллов анизотропны?
6. Что такое динамические дефекты?
7. Что такое точечные дефекты?
8. Что такое линейные дефекты?
9. Влияние дефектов на свойства кристаллов.
10. Основные свойства аморфного состояния вещества.

Раздел 4 Методы выращивания кристаллов и методы исследования структуры кристаллов

4.1 Содержание раздела

Метод пересыщения раствора. Метод понижения температуры. Метод испарения растворителя. Метод Чохральского. Метод Бриджмена. Дифракционные методы исследования структуры кристаллов. Формула Вульфа-Брэгга. Метод Лауэ. Метод Дебая. Рентгеноструктурный анализ.

4.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Методы выращивания кристаллов и методы исследования структуры кристаллов» следует обратить внимание на способы выращивания кристаллов и методы исследования структуры кристаллической решетки кристаллов.

4.3 Вопросы для самопроверки

1. Что такое метод пересыщения раствора?
2. Что такое метод понижения температуры?
3. Что такое метод испарения растворителя?
4. Что такое метод Чохральского?
5. Что такое метод Бриджмена?
6. Что такое дифракционные методы исследования структуры кристаллов?
7. Запишите и объясните формула Вульфа-Брэгга.
8. Что такое метод Лауэ?
9. Что такое метод Дебая?
10. Что представляет из себя рентгеноструктурный анализ?

Раздел 5 Основы зонной теории твердых тел

5.1 Содержание раздела

Энергетические зоны в кристаллах. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Распределение Ферми-Дирака.

5.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Основы зонной теории твердых тел» следует обратить внимание на механизм формирования энергетических зон в кристаллах, сопоставление ширины запрещенной зоны различных кристаллов и влияния ширины запрещенной зоны на электро-физические свойства кристаллов. Важно знать, как происходит разделение материалов на металлы, полупроводники, диэлектрики.

5.3 Вопросы для самопроверки

1. Энергетические уровни изолированного атома.
2. Как происходит формирование энергетических зон в кристаллах?
3. Что такое валентная зона?
4. Что такое зона проводимости?
5. Что такое запрещенная зона?
6. Как зависят свойства вещества от ширины запрещенной зоны?
7. Как происходит разделение веществ на металлы, полупроводники, диэлектрики в зависимости от ширины запрещенной зоны?
8. Какие кристаллы принято называть узкозонными?
9. Какие кристаллы принято называть широкозонными?
10. Что такое распределение Ферми-Дирака?

Раздел 6 Электропроводность металлов

6.1 Содержание раздела

Основные электрические свойства металлов. Электропроводность металлов. Зависимость сопротивления металлов от температуры. Влияние примесей на сопротивление металлов. Правило Маттиссена. Контактная разность потенциалов. Термопара.

6.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Электропроводность металлов» необходимо знать основные электрические свойства металлов. Следует обратить внимание на температурную зависимость сопротивления чистых металлов и влияние примесей на сопротивление металлов.

6.3 Вопросы для самопроверки

1. От чего зависит средняя тепловая скорость электронов в металле?
2. Что такое дрейфовая скорость электронов и от чего она зависит?
3. Что такое удельная электропроводность?
4. Что такое удельное сопротивление?
5. Как влияет температура на удельное сопротивление чистых металлов?
6. Как влияют примеси на удельное сопротивление металлов?
7. Запишите и объясните правило Маттиссена.
8. Как возникает контактная разность потенциалов?
9. Что такое термопара?
10. Для чего применяется термопара?

Раздел 7 Электропроводность полупроводников и диэлектриков

7.1 Содержание раздела

Электропроводность полупроводников и диэлектриков. Температурная зависимость концентрации носителей заряда. Зависимость электропроводности полупроводников и диэлектриков от температуры. Влияние примесей на электропроводность полупроводников. Термоэлектрические явления.

7.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Электропроводность полупроводников и диэлектриков» следует обратить внимание на температурную зависимость электропроводности полупроводников и диэлектриков и температурная зависимость концентрации носителей заряда в них. Необходимо также обратить внимание на влияние примесей на электропроводность полупроводников.

7.3 Вопросы для самопроверки

1. Что такое дрейфовая подвижность?
2. Что такое «дырка»?
3. Как зависит концентрация свободных носителей в полупроводниках от температуры?
4. Как зависит электропроводность полупроводников и диэлектриков от температуры?
5. Что такое собственный полупроводник?
6. Что такое донорные примеси?
7. Что такое акцепторные примеси?
8. Что такое основные и неосновные носители заряда?
9. Как влияют примеси на температурную зависимость электропроводности полупроводников и диэлектриков?
10. Что такое термоэлектрические явления?

8 Лабораторные работы

В процессе выполнения лабораторных занятий студент не только закрепляет теоретические знания, но и пополняет их. Вся работа при выполнении лабораторной работы разбивается на следующие этапы: вступительный, проведение эксперимента и обработка результатов.

В процессе домашней подготовки студент проверяет качество усвоения проработанного материала по вопросам для самоконтроля, относящимся к изучаемой теме. Без проведения такой предварительной подготовки к лабораторной работе студент не допускается к выполнению эксперимента.

Помимо домашней работы студенты готовятся к выполнению эксперимента также на рабочем месте: они знакомятся с установкой, уточняют порядок выполнения работы, распределяют рабочие функции между членами бригады. В ходе аудиторной подготовки преподаватель путем собеседования выявляет и оценивает степень готовности каждого студента к проведению эксперимента и знание им теоретического материала. Студенты, не подготовленные к выполнению работы или не представившие отчеты по предыдущей работе, к выполнению новой работы могут быть не допущены и все отведенное время для лабораторной работы должны находиться в лаборатории, изучать по рекомендованной литературе тот материал, с которым они не познакомились дома. К выполнению работы они могут быть допущены только после собеседования и в часы сверх расписания по договоренности с преподавателем. Все пропущенные лабораторные работы по уважительным или неуважительным причинам могут быть выполнены в конце семестра на дополнительных занятиях.

Второй этап работы – проведение эксперимента в лаборатории. На этом этапе очень важно, чтобы студент выполнил самостоятельно и грамотно необходимые измерения и наблюдения, укладываясь в отведенное для этого время. При организации своей работы для проведения эксперимента целесообразно исходить из рекомендаций, изложенных в руководствах для выполняемой лабораторной работы.

На последнем этапе работы студент производит обработку данных измерений и анализ полученных результатов.

Отчет студента по работе должен быть индивидуальным. Анализ результатов является важной частью отчета.

Ниже приведены названия лабораторных работ.

1. Выращивание кристаллов.
2. Исследование дефектов в кристаллах.
3. Исследование термодинамики.
4. Исследование температурной зависимости проводимости твердых диэлектриков.

9 Практические занятия

На практических занятиях студенты рассматривают варианты задач. Целью занятий является углубление понимания свойств твердых тел, основных свойств и параметров кристаллов, эффектов, происходящих в металлах, полупроводниках и диэлектриках. Уделяется внимание влиянию различных внешних факторов на электрофизические свойства металлов, полупроводников и диэлектриков.

Перед практическими занятиями студент должен повторить лекционный материал, ответив на вопросы для самоконтроля по необходимой теме, а также просмотреть рекомендации по решению типичных задач этой темы. Темы практических занятий по дисциплине

«Избранные главы физики твердого тела» приведены ниже:

1. Строение атома.
2. Кристаллическое состояние вещества.
3. Электропроводность металлов.
4. Электропроводность полупроводников.
5. Электропроводность диэлектриков.

Темы практических занятий по дисциплине «Основы кристаллографии» приведены ниже:

1. Строение атома.
2. Волновые свойства частиц. Длина волны де Бройля (Основы зонной теории твердых тел)
3. Геометрия кристаллической решетки.
4. Определение индексов направлений и плоскостей.
5. Кристаллическое состояние вещества.

10 Подготовка к контрольной работе

10.1 Темы

Студенты выполняют четыре контрольных работы. Контрольные работы по дисциплине «Избранные главы физики твердого тела» проводятся по следующим темам:

1. Строение атома.
2. Кристаллическое состояние вещества.
3. Электропроводность металлов.
4. Электропроводность полупроводников и диэлектриков.

Контрольные работы по дисциплине «Основы кристаллографии» проводятся по следующим темам:

1. Строение атома.
2. Кристаллическое состояние вещества.
3. Геометрия кристаллической решетки.
4. Дефекты кристаллической структуры.

При выполнении контрольной работы каждому студенту выдается индивидуальное задание, включающее в себя теоретическую часть (тестовый опрос) и три задачи, выбранные из предложенных задач для самостоятельного решения (задачи представлены в методическом указании к практическим занятиям по дисциплинам «Избранные главы физики твердого тела» и «Основы кристаллографии»).

11.1 Теоретические вопросы для тестового опроса

11.1.1 Вопросы по теме «Строение атома»

1. Представление о модели атома Резерфорда.
2. Линейчатый спектр излучения атома водорода.
3. Серия Бальмера, Лаймана, Пашена.
4. Обобщенная формула Бальмера.
5. Постулаты Бора.
6. Правило квантования орбит Бора.
7. Боровская модель атома.
8. Квантово-механическая модель атома водорода.
9. Квантовые числа атома водорода.
10. Главное квантовое число.
11. Орбитальное квантовое число.
12. Магнитное квантовое число.
13. Спин электрона.
14. Магнетон Бора.
15. Обозначение состояний электрона в атоме.
16. Форма электронных облаков в атоме.
17. Распределение электронов по энергетическим уровням в атоме.
18. Принцип Паули.
19. Замкнутая электронная оболочка.
20. Периодическая система элементов.

11.1.2 Вопросы по теме «Физико-химические вопросы строения вещества»

1. Типы химических связей.
2. Межатомные связи.
3. Энергия ионизации.
4. Энергия сродства атома к электрону.
5. Электроотрицательность.
6. Ионная связь.
7. Ковалентная связь.
8. Донорно-акцепторная связь.
9. Металлическая связь.
10. Направленность химической связи.
11. Насыщаемость химической связи.
12. Полярность химической связи.
13. Межмолекулярные связи.
14. Дипольно-ориентационная связь.
15. Индукционная связь.
16. Дисперсионная связь.
17. Газообразное состояние вещества.
18. Жидкое состояние вещества.

19. Ближний порядок.
20. Твердое состояние вещества.

11.1.3 Вопросы по теме «Кристаллическое состояние вещества»

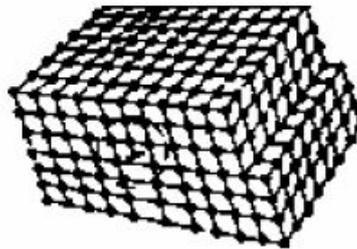
1. Принцип плотной упаковки атомов.
2. Что такое дальний порядок в расположении атомов?
3. Простые и сложные кристаллические решетки.
4. Почему свойства кристаллов анизотропны?
5. Поликристаллические материалы являются: А) анизотропными; Б) изотропными.
6. В чем состоит существенная разница между строением аморфных и кристаллических тел?
7. Перечислите основные типы ячеек кристаллических решеток.
8. Классификация кристаллов в зависимости от типа физических сил, действующих между частицами кристалла?
9. Природа ионной связи.
10. Свойства ионных кристаллов.
11. Природа ковалентной связи.
12. Свойства атомных кристаллов.
13. Природа металлической связи.
14. Что такое межмолекулярные связи?
15. Свойства молекулярных кристаллов.

11.1.4 Вопросы по теме «Геометрия кристаллической решетки»

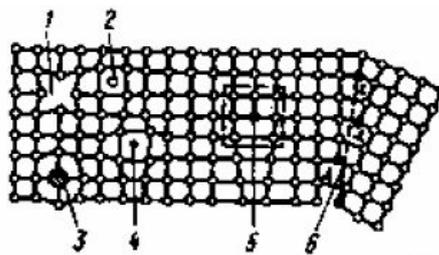
1. Решетки Браве.
2. Что такое обратная решетка?
3. Чем характеризуются размеры кристаллических решеток?
4. Что называют параметрами решетки?
5. Что называют периодом решетки?
6. Что называют энергией решетки?
7. Что называют координационным числом кристаллической решетки?
8. Что называют атомным радиусом?
9. Что такое базис решетки?
10. Что понимается под кристаллографическими направлениями и плоскостями и как они обозначаются?
11. Что такое индексы Вейса?
12. Что такое индексы Миллера?
13. Как определяются индексы плоскости?
14. Как определяется коэффициент компактности решетки?
15. Какие решетки являются наиболее плотноупакованными?

11.1.5 Вопросы по теме «Дефекты кристаллической структуры»

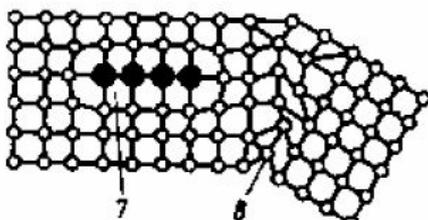
1. Что из себя представляют динамические дефекты?
2. Что такое фононы?
3. Что из себя представляет точечный дефект кристаллической решетки?
4. Что такое вакансия?
5. Что такое атом замещения?
6. Что такое атом внедрения?
7. Что такое дефект по Френкелю?
8. Что такое дефект по Шоттки?
9. Что из себя представляет линейный дефект кристаллической решетки?
10. Что такое дислокация?
11. Назовите виды дислокаций.
12. Что из себя представляют объемные дефекты?
13. Что такое центры окраски?
14. Влияние дефектов на удельное сопротивление металлов.
15. Влияние дефектов на удельное сопротивление полупроводников и диэлектриков
16. Определить дефект. Каково влияние этого дефекта на свойства материала?



17. Определить дефект. Каково влияние этого дефекта на свойства материала?



18. Определить дефект. Каково влияние этого дефекта на свойства материала?



11.1.6 Вопросы по теме «Электропроводность металлов, полупроводников и диэлектриков»

1. Чем отличаются зонные структуры металла, полупроводника и диэлектрика?
2. Что такое тепловая скорость электронов и от чего она зависит?
3. Что такое дрейфовая скорость электронов и от чего она зависит?
4. Почему удельное сопротивление металлов растет с повышением температуры?
5. Что называется температурным коэффициентом удельного сопротивления? Какой знак имеет температурный коэффициент удельного сопротивления чистых металлов?
6. Что определяет температура Дебая?
7. Как и почему изменяется удельное сопротивление металлов при введении примеси? Что такое правило Маттиссена?
8. Почему сплавы обладают более высоким удельным сопротивлением по сравнению с чистыми металлами?
9. Почему сплавы имеют меньший коэффициент удельного сопротивления, чем чистые металлы?
10. Почему сопротивление провода при прохождении по нему переменного тока высокой частоты больше, чем сопротивление постоянному току? Что такое коэффициент увеличения сопротивления?
11. Почему удельное сопротивление тонких металлических пленок больше, чем сопротивление объемных образцов?
12. Почему удельное сопротивление полупроводников падает с повышением температуры?
13. Что такое основные и неосновные носители заряда?
14. Что такое подвижность носителей заряда?
15. Как и почему изменяется удельное сопротивление полупроводников при введении примеси?
16. Что такое примесная проводимость?
17. Как изменяется концентрация носителей заряда в полупроводниках с ростом температуры?
18. Что такое собственный и примесный полупроводник?
19. Доноры и акцепторы.
20. Как зависит удельная электропроводность твердых диэлектриков от температуры?
21. Чем определяется поверхностная электропроводность твердых диэлектриков?
22. Как влияет влага на удельное объемное и удельное поверхностное сопротивление диэлектриков?

12 Тестовые вопросы

12.1 Строение атома

1. Согласно модели атома Резерфорда
 - 1) электроны имеют фиксированное положение внутри атома,
 - 2) электроны вращаются вокруг ядра по стационарным орбитам, зависящим от энергии электронов,
 - 3) электроны неподвижны на орбитах атома.

2. Экспериментальные исследования спектров излучения газов показали
 - 1) наличие сплошного спектра излучения,
 - 2) наличие характерного линейчатого спектра излучения,
 - 3) наличие широких полос излучения в ультрафиолетовой области,
 - 4) наличие широких полос излучения в инфракрасной области.

3. Согласно модели атома Бора
 - 1) все электроны находятся на одной разрешенной орбите,
 - 2) электроны располагаются неподвижно на отдельных разрешенных орбитах
 - 3) электроны движутся вокруг ядра по отдельным разрешенным орбитам.

4. Главное квантовое число атома водорода
 - 1) определяет число электронов в атоме водорода,
 - 2) определяет количество протонов в ядре атома,
 - 3) определяет энергетические уровни атома водорода,
 - 4) определяет энергию электрона в свободном состоянии.

5. Главное квантовое число n принимает значение
 - a. $n = 2, 3, \dots, \infty$,
 - b. $n = 0, 1, 2, 3, \dots, \infty$,
 - c. $n = 1, 2, 3, \dots, \infty$,
 - d. $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm \infty$.

6. Орбитальное квантовое число
 - 1) определяет модуль импульса электрона,
 - 2) определяет модуль орбитального механического момента атома,
 - 3) определяет модуль скорости электрона.

7. Орбитальное квантовое число l принимает значение
 - e. $l = 1, 2, 3, \dots, \infty$,
 - f. $l = 0, 1, 2, 3, \dots, n$,
 - g. $l = 0, 1, 2, \dots, (n - 1)$,
 - h. $l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm (n - 1)$.

8. Магнитное квантовое число
- i. определяет проекцию импульса электрона на выбранное направление Z ,
 - j. определяет проекцию механического момента атома на выбранное направление Z ,
 - k. определяет проекцию орбитального механического момента на выбранное направление Z .

9. Магнитное квантовое число m_l принимает значение

- 1) $m_l = 0, 1, 2, 3, \dots, n$,
- 2) $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$,
- 3) $m_l = 0, 1, 2, 3, \dots, (n - 1)$,
- 4) $m_l = 0, 1, 2, \dots, l$.

10. Принцип Паули говорит о том, что

- 1) в каждом из возможных квантовых состояний может находиться любое количество электронов,
- 2) в каждом из возможных квантовых состояний может находиться не более одного электрона,
- 3) в каждом из возможных квантовых состояний может находиться количество электронов, не превышающее значение главного квантового числа.

Выберите один правильный из всех предложенных вариантов.

12.2 Кристаллическое состояние вещества

1. Какой вид связи (напишите название связи) осуществляется в молекуле HCl и какие из перечисленных свойств межатомных связей могут ей соответствовать? Отметьте возможные варианты.

- 1) насыщаемая;
- 2) ненасыщаемая;
- 3) направленная;
- 4) ненаправленная;
- 5) полярная;
- 6) неполярная.

2. Какой вид связи (напишите название связи) осуществляется в молекуле H_2O и какие из перечисленных свойств межатомных связей могут ей соответствовать? Отметьте возможные варианты.

- 1) насыщаемая;
- 2) ненасыщаемая;
- 3) направленная;
- 4) ненаправленная.

- 5) полярная;
- 6) неполярная.

3. Какой вид связи (напишите ее название) осуществляется в молекуле O_2 и какие из перечисленных свойств связей могут ей соответствовать? Отметьте все возможные варианты.

- 1) насыщаемая;
- 2) ненасыщаемая;
- 3) направленная;
- 4) ненаправленная;
- 5) полярная;
- 6) неполярная.

4. Какой вид связи (напишите название связи) осуществляется в молекуле $NaCl$ и какие из перечисленных свойств межатомных связей могут ей соответствовать? Отметьте все возможные варианты.

- 1) насыщаемая;
- 2) ненасыщаемая;
- 3) направленная;
- 4) ненаправленная;
- 5) полярная;
- 6) неполярная.

5. Какие силы участвуют в процессе образования ковалентной связи? Выберите нужные варианты.

- 1) индукционная сила
- 2) сила Лорентца
- 3) кулоновские электростатические силы
- 4) силы обменного взаимодействия
- 5) дипольно-ориентационная сила.

В каких веществах существует чистая ковалентная связь?

6. Какой вид связи возникает между двумя полярными молекулами? Какой вид связи возникает между полярной и неполярной молекулой? Какой вид химической связи возникает при взаимодействии неполярных молекул? К какому классу относятся эти виды связи?

7. В кристаллах в расположении молекул наблюдается (выберите верные варианты)

- 1) ближний порядок,
- 2) хаотическое расположение молекул,
- 3) дальний порядок,
- 4) строгая периодичность.

Такое расположение молекул обусловлено соблюдением принципа (вставьте нужные слова).

8. Наиболее плотно упакованная простая кристаллическая решетка может иметь (отметьте все верные варианты):

- 1) кубическую гранцентрированную структуру;
- 2) кубическую объемноцентрированную структуру;
- 3) сфероидальную структуру;
- 4) гексагональную структуру;
- 5) ромбическую структуру.

9. Назовите основные параметры решетки.

Период решетки – это

Атомный радиус – это

Координационное число – это

10. Нахождение тела в аморфном состоянии может быть вызвано следующими причинами (отметьте все возможные варианты):

- 1) низкая температура плавления вещества;
- 2) резкая закалка вещества;
- 3) слабые силы химической связи между молекулами;
- 4) нарушение принципа плотной упаковки атомов;
- 5) большое количество дефектов в материале;
- 6) особая форма молекул;
- 7) отсутствие полярных межатомных связей.

Какое состояние является более устойчивым – аморфное или кристаллическое?

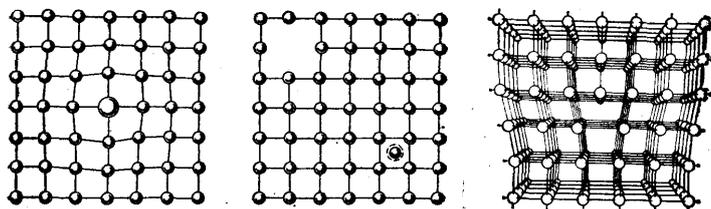
12.3 Дефекты кристаллической структуры

1. Как называются и к какому типу относятся дефекты, обусловленные тепловыми колебаниями атомов решетки?

Их наличие приводит к (выберите все верные варианты)

- 1) нарушению принципа плотной упаковки атомов
- 2) искажению регулярности решетки
- 3) смещению атомов в междоузельное пространство
- 4) смещению атомов относительно положения равновесия

2. Укажите и назовите дефекты, показанные на этих рисунках



а)

б)

в)

3. Вакансия – это

- а) смещение атомов относительно положения равновесия;
- б) отсутствие атома в регулярном узле решетки;
- в) отсутствие атома в междоузлии.

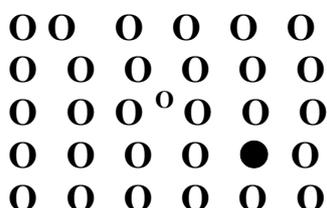
4. Атом замещения – это

- а) собственный атом, находящийся в междоузлии;
- б) чужеродный атом, находящийся в междоузлии;
- в) чужеродный атом, замещающий собственный атом.

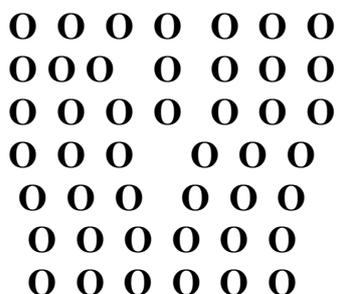
5. Атом внедрения – это

- а) собственный атом, находящийся в междоузлии;
- б) чужеродный атом, находящийся в междоузлии;
- в) чужеродный атом, замещающий собственный атом.

6. Наличие дефектов приводит к..... регулярности решетки (вставьте нужное слово). На рисунке показана схема кристаллической решетки. Стрелкой указать на дефект и дать ему правильное название.

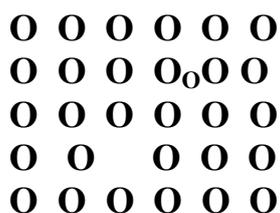


7. Наличие дефектов приводит к..... регулярности решетки (вставьте нужное слово). На рисунке показана схема кристаллической решетки. Стрелкой указать на дефект и дать ему правильное название.



8. Наличие дефектов приводит к..... регулярности решетки (вставьте нужное слово). На рисунке показана

схема кристаллической решетки. Стрелкой укажите на дефекты и дайте им название.



12.4 Электропроводность металлов

1. Средний модуль скорости электронов в металле соответствует их скорости, а средний вектор скорости электронов – их скорости. Вставьте нужные слова.

2. Удельное сопротивление чистых металлов с ростом температуры. Это обусловлено
 - 1) увеличением концентрации электронов,
 - 2) рассеянием электронов на фононах,
 - 3) уменьшением концентрации электронов,
 - 4) уменьшением длины свободного пробега электронов.
3. Остаточное удельное сопротивление металла – это
 - 1) сопротивление, которое остается в металле при его переходе в сверхпроводящее состояние
 - 2) сопротивление, которое наблюдается при температуре, близкой к 0 К в металлах, не переходящих в сверхпроводящее состояние
 - 3) сопротивление, обусловленное рассеянием носителей заряда на фононах
 - 4) сопротивление, обусловленное рассеянием носителей заряда на статических дефектах
 - 5) сопротивление, обусловленное разогревом металла при пропускании через него тока

Отметьте два верных, тождественных с физической точки зрения ответа.
4. Удельное сопротивление металла при введении в него примесей
 - 1) не зависит от наличия примеси
 - 2) уменьшается, если удельное сопротивление примеси меньше сопротивления металла
 - 3) увеличивается независимо от типа примеси
 - 4) увеличивается, если удельное сопротивление примеси больше, чем сопротивление металла.

Выберите верный вариант.

5. Сопротивление, обусловленное рассеянием электронов на статических дефектах ($\rho_{ост}$)

- 1) увеличивается с ростом температуры
- 2) стремится к нулю при температуре, близкой к 0 К
- 3) не зависит от температуры.

Выберите верный вариант.

6. Что такое температурный коэффициент удельного сопротивления? Дайте определение и напишите выражение для него. Какой знак имеет температурный коэффициент удельного сопротивления чистых металлов?

7. Дрейфовая подвижность электронов – это

- 1) ускорение, с которым движется электрон в электрическом поле
- 2) дрейфовая скорость электронов в поле единичной напряженности
- 3) средняя дрейфовая скорость электронов
- 4) максимальная дрейфовая скорость, приобретаемая электроном к концу свободного пробега.

Выберите верный вариант.

8. Если в металл с удельным сопротивлением ρ_1 ввести примесь с меньшим удельным сопротивлением ρ_2 ($\rho_2 < \rho_1$), то сопротивление полученного материала

- 1) уменьшится из-за увеличения концентрации электронов
- 2) увеличится из-за увеличения рассеяния электронов на статических дефектах
- 3) уменьшится из-за того, что $\rho_2 < \rho_1$
- 4) увеличится из-за нарушения регулярности кристаллической решетки и увеличения остаточного сопротивления.

Отметьте верные варианты.

9. Температура Дебая

- 1) температура, выше которой сопротивление металла слабо зависит от температуры
- 2) температуры, выше которой сопротивление металла линейно зависит от температуры
- 3) температура перехода металла в сверхпроводящее состояние
- 4) определяет максимальную частоту тепловых колебаний атомов
- 5) температура, ниже которой сопротивление металла линейно зависит от температуры.

Отметьте все верные варианты.

10. Остаточное удельное сопротивление металла – это

- 1) сопротивление, которое остается в металле при его переходе в сверхпроводящее состояние

- 2) сопротивление, которое наблюдается при температуре, близкой к 0 К в металлах, не переходящих в сверхпроводящее состояние
- 3) сопротивление, обусловленное рассеянием носителей заряда на фононах
- 4) сопротивление, обусловленное рассеянием носителей заряда на статических дефектах
- 5) сопротивление, обусловленное разогревом металла при пропускании через него тока

Отметьте два верных, тождественных с физической точки зрения ответа.

11. Введение примеси в металл приводит к регулярности кристаллической решетки и, как следствие, к удельного сопротивления и температурного коэффициента удельного сопротивления. Вставьте необходимые слова.

12. . Удельное сопротивление тонких металлических пленок

- 1) равно сопротивлению объемных образцов
- 2) больше сопротивления объемных образцов и не зависит от толщины пленки
- 3) меньше сопротивления объемных образцов и увеличивается с ростом толщины пленки
- 4) больше сопротивления объемных образцов и уменьшается с ростом толщины пленки.

Выберите верный вариант.

12.5 Электропроводность полупроводников и диэлектриков.

1. Электропроводность полупроводников с ростом температуры
 - 1) уменьшается,
 - 2) увеличивается,
 - 3) не изменяется.

Выберите верный вариант.

2. Собственный полупроводник – это полупроводник,
 - 1) в котором концентрация электронов превышает концентрацию дырок,
 - 2) в котором можно пренебречь влиянием примесей,
 - 3) в котором концентрация электронов не зависит от температуры.
- Выберите верный вариант.

3. Примесный полупроводник – это полупроводник,
 - 1) в котором примеси не влияют на электропроводность,
 - 2) в котором примеси не влияют на регулярность кристаллической решетки,

3) в котором примеси создают дополнительные уровни в запрещенной зоне полупроводника

Выберите верный вариант.

4. Донорные примеси – это примеси

- 1) захватывающие электроны из зоны проводимости,
- 2) поставляющие электроны в зону проводимости,
- 3) поставляющее «дырки» в валентную зону.

Выберите верный вариант.

5. Акцепторные примеси – это примеси

- 4) поставляющие электроны в зону проводимости,
- 5) захватывающие «дырки» из валентной зоны,
- 6) захватывающие электроны из валентной зоны.

Выберите верный вариант.

6. Какой вид имеет график зависимости удельной электропроводности твердого диэлектрика $\ln(\gamma) = f(1/T)$? Какой параметр можно определить из него?

7. На графике зависимости $\ln(\gamma) = f(1/T)$ твердого диэлектрика имеется два прямолинейных участка, соответствующих собственной и примесной электропроводности. Если ионы примеси заменить другими ионами примеси с меньшей энергией активации, то (выберите верный вариант)

- 1) уменьшится наклон прямолинейных участков и в примесной и в собственной области,
- 2) увеличится наклон прямолинейного участка в примесной области,
- 3) уменьшится наклон прямолинейного участка в примесной области,
- 4) уменьшится наклон прямолинейного участка в собственной области.

8. Угол наклона прямолинейного участка зависимости $\ln \gamma = f\left(\frac{1}{T}\right)$

в твердых диэлектриках с собственной электропроводностью определяется

- 1) концентрацией собственных ионов диэлектрика
- 2) энергией ионной связи
- 3) энергией активации примесных ионов
- 4) подвижностью собственных ионов
- 5) энергией активации собственных ионов.

Отметьте верные, тождественные с физической точки зрения варианты.

9. Нарисуйте график зависимости удельной электропроводности твердого диэлектрика от температуры в координатах $\ln \gamma = f\left(\frac{1}{T}\right)$, у

которого в проводимости принимают участие три типа ионов: собственные ионы и два типа примесных ионов.

10. Сколько прямолинейных участков может быть на зависимости $\ln(\gamma) = f(1/T)$ твердого диэлектрика?

- 1) один участок
- 2) два участка
- 3) столько, сколько типов ионов принимают участие в электропроводности
- 4) количество участков зависит от величины приложенного напряжения.

Выберите верный вариант.

Заключение

В итоге изучения тем студент должен твердо (как минимум) знать следующие вопросы.

1. Модель атома Резерфорда.
2. Постулаты Бора.
3. Модель атома Бора.
4. Квантово-механическое описание строения атома.
5. Квантовые числа атома водорода.
6. Распределение электронов по энергетическим уровням.
7. Принцип Паули.
8. Периодическая система элементов.
9. Типы химических связей.
10. Типы межатомных связей.
11. Энергетические параметры, характеризующие межатомные связи.
12. Типы межмолекулярных связей.
13. Связь типов химических связей с электрофизическими свойствами вещества.
14. Типы кристаллических решеток.
15. Взаимная связь физических свойств кристаллов.
16. Параметры кристаллической решетки.
17. Индексы Миллера.
18. Анизотропия кристаллов.
19. Дефекты кристаллической структуры.
20. Методы выращивания кристаллов.
21. Методы исследования структуры кристаллов.
22. Энергетические зоны в кристаллах.
23. Основные электрические свойства металлов.
24. Зависимость сопротивления металлов от температуры.
25. Влияние примесей на сопротивление металлов.
26. Контактная разность потенциалов. Термопара.

27. Электропроводность полупроводников и диэлектриков.
28. Температурная зависимость концентрации носителей заряда.
29. Зависимость электропроводности полупроводников и диэлектриков от температуры.
30. Влияние примесей на электропроводность полупроводников. Термоэлектрические явления.

Рекомендуемая литература

1. Епифанов Г.И. Физика твердого тела: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 288 с. – ISBN: 978-5-8114-1001-9. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2023.
2. Савельев И. В. Курс общей физики : учебное пособие для втузов: В 3 т. / И. В. Савельев. - 7-е изд., стереотип. - СПб.: Лань, 2007 - . - (Лучшие классические учебники) (Классическая учебная литература по физике) (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0629-6. Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - СПб. : Лань, 2007. - 317[3] с. - ISBN 978-5-8114-0632-6.
3. Шалимова К.В Физика полупроводников: учебник для вузов. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 384 с. – ISBN: 978-5-8114-0922-8. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=648.
4. Савельев И.В. Курс физики. В 3-х тт. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. - 320 с. - ISBN: 978-5-8114-0684-5. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=708.
5. Смирнов С. В. Физика твердого тела : учебное пособие / С. В. Смирнов ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томский межвузовский центр дистанционного образования. - Томск: Издательство научно-технической литературы, 2003. - 273, [3] с. - ISBN 5-89503-200-1.
6. Смирнов С. В. Физика твердого тела: Лабораторный практикум для студентов специальностей 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и 200600 "Фотоника и оптоинформатика" / С. В. Смирнов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 35 с.

7. Материалы электронной техники: Задачи и вопросы: Учебное пособие для вузов / Б. Л. Антипов, В. С. Сорокин, В. А. Терехов. - 2-е изд. - СПб. : Лань, 2003. - 208 с.
8. Материалы электронной техники: Учебник для вузов / Владимир Васильевич Пасынков, Валерий Сергеевич Сорокин. - 4-е изд., стереотип. - М. : ДМК, 2002 ; СПб. : Лань, 2002. - 368 с.
9. Современная кристаллография, Т.4. Физические свойства кристаллов. Шувалов П.А. и др. – М.: Наука, 1981.

Учебное пособие

Кистенева М.Г.

Избранные главы физики твердого тела (Основы кристаллографии)

Методические указания по самостоятельной работе

Усл. печ. л. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40