

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕ-
ДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им.
Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**Институт информатики, электроники и робототехники
Кафедра физических основ микро- и нанoeлектроники**

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

**Руководитель образовательной
программы**

Директора ИИЭ и Р

_____ **А.А. Шебзухов**

_____ **Н.В. Черкесова**

«_____» _____ 2020 г.

«_____» _____ 2020г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»**

Направление подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль: Современные информационные технологии в электронной технике

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Нальчик 2020

Рабочая программа дисциплины «**Физики конденсированного состояния**» / сост. Дедков Г.В. – Нальчик: ФГБОУ КБГУ, 2020.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины студентам очной формы обучения по направлению **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника** в 5 и 6 семестрах.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «12» марта 2015 г. № 218

Содержание

| | |
|---|----|
| 1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)..... | 4 |
| 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО..... | 4 |
| 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)..... | 4 |
| 4. Содержание и структура дисциплины (модуля)..... | 5 |
| <i>Структура дисциплины (модуля)</i> | 7 |
| 5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации..... | 9 |
| 5.1. Коллоквиум..... | 9 |
| <i>Вопросы, выносимые на коллоквиум</i> | 9 |
| 5.2. Образцы тестовых заданий..... | 10 |
| <i>Методические рекомендации по подготовке к экзамену</i> | 10 |
| <i>Критерии оценивания</i> | 10 |
| 5.3. Задания для лабораторных занятий..... | 14 |
| 6. Промежуточная аттестация..... | 15 |
| 7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности..... | 17 |
| 8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)..... | 18 |
| <i>Основная литература</i> | 18 |
| <i>Дополнительная литература</i> | 18 |
| <i>Периодические издания</i> | 18 |
| <i>Интернет-ресурсы</i> | 18 |
| 9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий..... | 18 |
| 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины..... | 18 |
| Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля)..... | 20 |

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель преподавания дисциплины.

В настоящее время экспериментальная физика конденсированного состояния из рамок немногих научно-исследовательских лабораторий вышел в широкий мир практики. Это связано с бурным развитием отраслей науки и техники, в особенности, полупроводниковой электроники. В этой области широко используются особые физические свойства полупроводниковых кристаллов и новые кристаллофизические явления, открытия которых следуют одно за другим.

Одновременно увеличивается потребность в специалистах, умеющих раскрывать основы строения вещества, получать материалы с заданными свойствами, целенаправленно исследовать и применять на практике свойства кристаллов. В связи с этим возникает необходимость обучения студентов, специализирующихся по Электронике и наноэлектронике основам кристаллофизики и методам исследования структур кристаллов. Подготовка специалистов в этом направлении является основной целью курса. Знание этого курса будет основой для изучения специальных дисциплин по указанным специальностям.

Задачи изучения курса “Физики конденсированного состояния”

Задача курса “Физики конденсированного состояния” состоит в обучении студентов экспериментальным и теоретическим методам определения пространственных соотношений атомов и молекулярных сил, характеризующие закономерность, симметричность внутреннего строения и физические свойства конденсированных сред.

Изучив эту дисциплину студент должен освоить:

- закономерности и симметрии внутреннего строения кристалла,
- кристаллографические символы, категории, классы,
- симметричность физических свойств кристаллов и многогранность внешних форм,
- влияние внешних воздействий на свойства кристаллов,
- принципы физических методов исследования структур,
- влияние добавления инородных атомов в кристалл на динамическое равновесие и изменение свойства кристалла.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина включена в базовую часть обязательных дисциплин **Б1.Б.14** учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиль: «Микроэлектроника и твердотельная электроника».

Изучение дисциплины «**Физики конденсированного состояния**» базируется на следующих, ранее изучаемых, дисциплинах: «Физика», «Математика», «Материалы электронной техники».

Освоение данной дисциплины, в свою очередь, необходимо для успешного усвоения, в последующем, специальных курсов по дисциплинам: «Микроэлектроника», «Твердотельные элементы СВЧ - электроники», «Проектирование и конструирование полупроводниковых приборов и интегральных схем» и других, а также производственной практики.

3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО по данному направлению подготовки:

- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7).
- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2).

В результате освоения дисциплины студент должен:

• **Знать:**

- закономерности и симметрии внутреннего строения кристалла,
- кристаллографические символы, категории, классы,
- симметричность физических свойств кристаллов и многогранность внешних форм,
- влияние внешних воздействий на свойства кристаллов,
- принципы физических методов исследования структур,
- влияние добавления инородных атомов в кристалл на динамическое равновесие и изменение свойства кристалла.

Освоив курс “**Физики конденсированного состояния**” студент должен уметь:

- определять элементы симметрии кристаллических структур,
- описать некоторые физические свойства, связанные со структурой кристаллов,
- теоретически описать экспериментальные результаты, полученные при структурном анализе,
- работать на экспериментальных установках структурного анализа кристалла.

Изучение курса “**Физики конденсированного состояния**” должен развить у студента любознательность, интерес к изучению физических свойств кристаллов, дать студенту понимание важных этапов истории развития кристаллофизики и экспериментальных методов исследования структур кристаллов.

• **Уметь:**

- определять элементы симметрии кристаллических структур,
- описать некоторые физические свойства, связанные со структурой кристаллов,
- теоретически описать экспериментальные результаты, полученные при структурном анализе,
- работать на экспериментальных установках структурного анализа кристалла.

владеть: методами расчета и экспериментального исследования параметров и характеристик конденсированных сред, основными приемами обработки и представления экспериментальных данных, способностью строить физические и математические модели конденсированных сред, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования, способностью аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику расчета и проектирования новых материалов электронной техники, готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Изучение курса “**Физики конденсированного состояния**” должен развить у студента любознательность, интерес к изучению физических свойств твердых и жидких фаз, дать студенту понимание важных этапов истории развития кристаллофизики и экспериментальных методов исследования структур кристаллов.

• **Демонстрировать способность и готовность:**

- определять параметры структуры полупроводниковых материалов применяемых в современной твердотельной электронике.

4 Содержание и структура дисциплины (модуля)

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), коллоквиум (К), тестирование (Т).

Таблица 1.

| № раздела | Наименование раздела | Содержание раздела | Компетенции | Форма текущего контроля |
|-----------|----------------------|--------------------|-------------|-------------------------|
|-----------|----------------------|--------------------|-------------|-------------------------|

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|----------------------------------|---|-------|----------|
| 1 | Геометрическая кристаллография . | <p>5 семестр</p> <p>Симметрия в природе. Понятие кристалла. Предмет кристаллографии и кристаллофизики, история становления, связи с другими областями знаний. Роль русских ученых в становлении и развитии кристаллографии и кристаллофизики.</p> <p>Элементы симметрии кристаллических многогранников.</p> <p>1. Простые конечные элементы симметрии кристаллов: плоскость симметрии, ось симметрии, центр симметрии, операции отражения и вращения. 2-часа.</p> <p>2. Кристаллографические категории, системы и сингонии.</p> <p>3. Символы узлов (точек), рядов (направлений) и граней(плоскостей) в кристаллическом многограннике. Параметры Вейса. Индексы Миллера.</p> <p>4. Структура кристаллов и пространственная решетка.</p> <p>5. Решетки Бравэ. Элементы симметрии кристаллических структур.</p> <p>6. Пространственные (Федоровские) группы симметрии кристаллических структур.</p> <p>Обратная решетка. Основные свойства обратной решетки. Основные формулы структурной кристаллографии. 2-часа.</p> | ОК-7 | К, Т, ЛР |
| 2 | Основы кристаллохимии. | <p>1. Атомные и ионные радиусы. Координационные числа и координационные многогранники.</p> <p>2. Простые и сложные решетки. Типы межатомных связей в структурах. Плотнейшие упаковки частиц в структурах. 2-часа.</p> <p>3. Дефекты кристаллической структуры. Классификация дефектов.</p> <p>6 семестр</p> <p>Дефекты по Френкелю и Шоттки. Влияние дефектов на электрические свойства кристаллов.</p> <p>4. Примеси замещения и внедрения. Дислокации. Методы наблюдения дислокаций.</p> <p>Основные методы рентгенографии кристаллов.</p> <p>1. Методы Лауэ. Определение ориен-</p> | ОПК-2 | К, Т, ЛР |

| | | | | |
|---|---|--|-------|----------|
| | | <p>тировки и симметрии кристаллов. Метод вращения и колебания кристалла. Метод Дебая - Шеррера. Индцирование дебаеграмм. Фазовый анализ.</p> <p>2. Электронография. Устройство и принцип работы электронографа. Определение структуры кристаллов электронографическим методом. Исследование текстур пленок.</p> <p>3. Просвечивающая Электронная микроскопия. Устройство и принцип действия просвечивающего электронного микроскопа.</p> <p>3. Растровая электронная микроскопия.</p> | | |
| 3 | Физические свойства идеальных кристаллов и симметрия. | <p>1. Основной закон кристаллофизики (принцип Неймана). Принцип суперпозиций симметрии (принцип Кюри).</p> <p>2. Кристаллографические системы координат.</p> <p>Физические свойства кристаллов описываемые тензором первого ранга.</p> <p>1. Скалярные и векторные физические свойства кристаллов.</p> <p>2. Пироэлектрический эффект. Пироэлектрические коэффициенты.</p> <p>3. Электрокалорический эффект.</p> <p>Физические свойства кристаллов, описываемые вектором второго ранга.</p> <p>1. Диэлектрические свойства кристаллов</p> <p>2. Магнитные свойства кристаллов. Тензоры диэлектрической и магнитной проницаемостей.</p> <p>3. Тензор механических напряжений и деформаций. Антисимметричные тензоры.</p> <p>Физические свойства кристаллов, Описываемые тензором третьего ранга.</p> <p>1. Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты.</p> <p>2. Пьезоэлектрический эффект в кварце.</p> <p>3. Линейный электрооптический эффект.</p> <p>Физические свойства кристаллов, описываемые тензором 4 ранга.</p> <p>1. Упругие свойства кристаллов.</p> <p>2. Взаимная связь физических свойств и явлений в кристаллах.</p> | ОПК-2 | К, Т, ЛР |

Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

Таблица 2.

| Вид работы | Трудоемкость, часов | |
|--|---------------------|--------------|
| | | всего |
| Общая трудоемкость | 108 | 108 |
| Контактная работа: | 68 | 68 |
| Лекции (Л) | 34 | 34 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 34 | 34 |
| Практические занятия | | |
| Самостоятельная работа: | 31 | 31 |
| Самостоятельное изучение разделов | | |
| Контроль | | |
| Вид итогового контроля (экзамен) | 9 | зачет |

Таблица 3. Лекционные занятия

| № п/п | Тема |
|-------|---|
| | Геометрическая кристаллография. |
| | Решетки Бравэ. |
| | Свойства обратной решетки. |
| | Основы законы кристаллохимии. |
| | Физические свойства идеальных кристаллов и симметрия |
| | Связь симметрии и физических свойств кристаллов. |
| | Физические свойства описываемые тензорами нулевого, первого, второго, третьего и четвертого рангов. |

Таблица 4. Лабораторные работы

| № п/п | Тема |
|-------|---|
| 1 | Определение параметров специальных видов световой микроскопии |
| 2 | Исследование дислокации в монокристаллических структурах |
| 3 | Исследование микроструктуры поликристаллических материалов. |
| 4 | Определение толщины тонких пленок и эпитаксиальных слоев оптическими методами |
| 5 | Определение углов между гранями кристаллов гониометрическим методом |
| 6 | Диэлектрические свойства сегнетоэлектрических кристаллов |
| 7 | Пьезоэлектрические свойства кристаллов |

Таблица 5 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

| № п/п | Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение |
|-------|--|
| 1 | Кристаллическое состояние веществ |
| 2 | Кристаллографические классы симметрии |
| 3 | Кристаллографические категории, системы и сингонии |
| 4. | Кристаллографические системы координат |
| 5 | Решетки Бравэ. Четыре типа решеток Бравэ |
| 6 | Антисимметрия в кристаллах. |
| 7 | Типы структур кристаллов |

| | |
|----|--|
| 8 | Образование твердых растворов внедрения и замещения в кристаллах |
| 9 | Матричное представление преобразование симметрии в кристаллах |
| 10 | Скалярные и векторные физические свойства кристаллов |
| 11 | Физические свойства описываемые тензором второго ранга |
| 12 | Физические свойства описываемые тензором второго ранга |
| 13 | Физические свойства описываемые тензором третьего ранга |
| 14 | Физические свойства описываемые тензором четвертого ранга |

5 Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

5.1. Коллоквиум

В семестре проводятся 3 коллоквиума, которые оцениваются по 8 баллов каждый.

Вопросы, выносимые на коллоквиум

Первый коллоквиум

1. Структура кристалла и пространственная решетка.
2. Символы узлов, рядов и граней в кристаллическом многограннике.
3. Кристаллографические проекции.
4. Элементы симметрии кристаллических структур
5. Элементы симметрии кристаллических многогранников
6. Решетки Бравэ.
7. Обратная решетка. Основные свойства обратной решетки.
8. Кристаллографические категории, сингонии и оси координат.
9. Основные уравнения дифракции.
10. Метод порошков.
11. Метод вращения монокристалла.
12. Электронная микроскопия.

Второй коллоквиум

1. Атомные и ионные радиусы. Координационное число и координационный многогранник.
2. Энергия связи.
3. Типы связей в структурах.
4. Классификация дефектов.
5. Дислокации.
6. Точечные дефекты. Дефекты по Френкелю и Шоттки.
7. Равновесная концентрация точечных дефектов (дефекты по Френкелю - вывод).
8. Равновесная концентрация точечных дефектов (дефекты по Шоттки- вывод).
9. Контур и вектор Бюргерса.
10. Плотнейшая упаковка в структурах.
11. Предел устойчивости структур.

Третий коллоквиум

1. Кристаллографические системы координат.
2. Скалярные физические свойства.
3. Основной закон кристаллофизики.
4. Принцип суперпозиции Кюри.
5. Пироэлектрический эффект.
6. Указательная поверхность пироэлектрического коэффициента.

7. Диэлектрические свойства кристаллов.
8. Геометрическая интерпретация тензора диэлектрической проницаемости.
9. Матричные представления преобразований симметрии.
10. Магнитные свойства кристаллов.
11. Теплопроводность.
12. Прямой и обратный пьезоэффект.
13. Тензор механической деформации.
14. Пьезоэлектрический эффект. Пьезоэлектрический эффект в кварце.

Рекомендации при подготовке к коллоквиуму

- проработать конспекты лекций по вопросам коллоквиума;
- прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемым вопросам;
- ответить на вопросы коллоквиума;
- при затруднениях, проконсультироваться с преподавателем.

Критерии оценивания

| Оценка | | | |
|--|---|--|---|
| Неудовлетворительно 2 балла | удовлетворительно 4 балла | хорошо 6 баллов | отлично 8 баллов |
| Студент не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы | Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос | Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос | Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос. |

5.2. Образцы тестовых заданий

V1: 1. Кристаллография

V2: Структурная кристаллография

S: При фазовом переходе первого рода скачком меняется ### производная свободной энергии.

+: первая

S: При фазовом переходе второго рода скачком меняется ### производная свободной энергии.

+: вторая

S: Модификации, образующиеся при полиморфизме называют...

-: политропическими

+: аллотропическими

-: политипными

S: В кристаллах одной и той же модификации данного вещества углы между соответствующими гранями при данной температуре и давлении остаются ...

-: разной

+: постоянной

-: острыми

-: тупыми

S: Монокристалл хлорида натрия имеет внешнюю форму ...

-: октаэдра

+: куба

- : тетраэдра
- : диэдра
- : гексаэдра
- S: NaCl имеет ... элементарную ячейку
- +: ГЦК (гранецентрированная кубическая)
- : ОЦК (объемноцентрированная кубическая)
- : ГПУ (гексагональная плотноупакованная)
- : тригональную
- : тетрагональную
- S: Алмаз имеет ... кристаллическую решетку
- +: ГЦК (гранецентрированная кубическая)
- : ОЦК (объемноцентрированная кубическая)
- : ГПУ (гексагональная плотноупакованная)
- : тригональную
- : тетрагональную
- S: Металлы со структурой типа меди имеет ... кристаллическую решетку
- +: ГЦК (гранецентрированная кубическая)
- : ОЦК (объемноцентрированная кубическая)
- : ГПУ (гексагональная плотноупакованная)
- : тригональную
- : тетрагональную
- S: Металлы со структурой типа магний имеет ... кристаллическую решетку
- : ГЦК (гранецентрированная кубическая)
- : ОЦК (объемноцентрированная кубическая)
- +: гексагональную
- : тригональную
- : тетрагональную
- S: Металлы со структурой типа вольфрама имеет ... кристаллическую решетку
- : ГЦК (гранецентрированная кубическая)
- +: ОЦК (объемноцентрированная кубическая)
- : гексагональную
- : тригональную
- : ромбическую
- S: Кремний имеет ... кристаллическую решетку
- +: ГЦК (гранецентрированная кубическая)
- : ОЦК (объемноцентрированная кубическая)
- : ГПУ (гексагональная плотноупакованная)
- : тригональную
- : тетрагональную
- S: Германий имеет ... кристаллическую решетку
- +: ГЦК (гранецентрированная кубическая)
- : ОЦК (объемноцентрированная кубическая)
- : ГПУ (гексагональная плотноупакованная)
- : тригональную
- : тетрагональную
- S: Графит имеет ... кристаллическую решетку
- : ГЦК (гранецентрированная кубическая)
- : ОЦК (объемноцентрированная кубическая)
- +: гексагональную
- : тригональную
- : тетрагональную
- S: Монокристалл алмаза имеет внешнюю форму ...

-: гексаэдра

-: октаэдра

-: куба

+: тетраэдра

-: диэдра

S: Операцией симметрии называют операцию ... точки с другой точкой.

-: сопоставления

+: совмещения

-: разъединение

S: Воображаемый геометрический элемент, с помощью которого осуществляется операция симметрий называется ...

+: элементом симметрии

-: плоскостью симметрии

-: осью симметрии

-: центром симметрии

S: Плоскость зеркального отражения, осуществляющая совмещение симметрично равных точек называется ...

-: плоскостью скользящего отражения

+: плоскостью симметрии

-: осью симметрии

-: инверсионной осью симметрии

-: центром симметрии

S: Ось, при повороте вокруг которой на некоторый определенный угол, происходит совмещение симметричных точек, называют ...

-: плоскостью скользящего отражения

-: плоскостью отражения

+: осью симметрии

-: инверсионной осью симметрии

-: центром симметрии

S: Порядок возможных осей вращения n в кристаллах строго ограничен и составляет ...

-: 1, 2, 3, 4, 5, 6

-: 1, 2, 3, 4, 5

+: 1, 2, 3, 4, 6

-: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

-: 1, 2, 3, 4, 7

S: Инверсионными осями n -го порядка называют оси, сочетающие совместное действие поворотной оси того же порядка с ...

-: плоскостью скользящего отражения

-: плоскостью отражения

-: осью симметрии

+: центром симметрии

-: плоскости симметрии

S: Центром симметрии (центром инверсии) называется особая точка внутри фигуры, характеризующаяся тем, что любая прямая проведенная через центр симметрии, встречает одинаковые точки фигуры по обе стороны от центра на равных расстояниях.

+: равных

S: Симметрии в кристаллах распределяются на ... сингонии.

-: 6

+: 7

-: 5

-: 8

-: 3

S: Индексы узла, направления и плоскости пространственной решетки обозначаются ... цифрами.

+: 4

+: 3

-: 2

-: 6

-: 5

S: Символ узла кристаллической решетки обозначаются ... скобками.

-: круглыми

-: квадратными

+: двойными квадратными

-: фигурными

-: угловыми

S: Символ направления кристаллической решетки обозначаются ... скобками.

-: круглыми

+: квадратными

-: двойными квадратными

-: фигурными

+: угловыми

S: Символ плоскости кристаллической решетки обозначаются ... скобками.

+: круглыми

-: квадратными

-: двойными квадратными

+: фигурными

-: угловыми

S: В кристаллографии символом $[[mnp]]$ обозначают ...

-: плоскость

+: узел в решетке

-: направление в решетке

-: семейство эквивалентных направлений

-: семейство эквивалентных плоскостей

S: В кристаллографии символом $[mnp]$ обозначают ...

-: плоскость

-: узел в решетке

+: направление в решетке

-: семейство эквивалентных направлений

-: семейство эквивалентных плоскостей

S: В кристаллографии символом $\langle mnp \rangle$ обозначают ...

-: плоскость

-: узел в решетке

-: направление в решетке

+: семейство эквивалентных направлений

-: семейство эквивалентных плоскостей

S: В кристаллографии символом $\{hkl\}$ обозначают ...

+: плоскость

-: узел в решетке

-: направление в решетке

-: семейство эквивалентных направлений

-: семейство эквивалентных плоскостей

S: В кристаллографии символом $\{hkl\}$ обозначают ...

-: плоскость

-: узел в решетке

- : направление в решетке
- : семейство эквивалентных направлений
- +: семейство эквивалентных плоскостей
- S: Символ совокупности симметрично эквивалентных направлений кристаллической решетки обозначаются ... скобками.
- : круглыми
- : квадратными
- : двойными квадратными
- : фигурными
- +: угловыми
- S: Символы направление и плоскости для тригональной и гексагональной сингонии (символы Миллера-Бравэ) обозначаются ... цифрами.
- +: 4
- : 3
- : 2
- : 6
- : 5
- S: Единичной гранью называется грань кристалла, пересекающая оси координат на расстоянии ... (в осевых масштабных) отрезка от начала координат.
- +: одного
- : двух
- : трех
- : шести
- S: Простой идеальной формой кристалла называется многогранник, все грани которого можно получить из ... с помощью преобразований симметрии данного кристалла.
- +: одной грани
- : совокупности граней
- : двух граней
- : точечной группы
- S: Для построения стереографической проекции, на сферы проекции, точка зрения размещается ...
- : на северном полюсе
- : на южном полюсе
- +: на южном и северном полюсах

5.3. Задания для лабораторных занятий

Лабораторный практикум является важным элементом обучения, т.к. прививает навыки самостоятельной работы на различном лабораторном оборудовании и умение пользоваться различными приборами и инструментами.

Пример типовой лабораторной работы «Исследование дислокации в монокристаллических структурах»

Целью данной работы является исследование дислокационной структуры монокристаллов алмаза и хлористого натрия. Определение плотности линейной и поверхностной дислокации на поверхности монокристаллов различной ориентации.

Методические рекомендации

Выполнение каждой лабораторной работы складывается из следующих этапов.

1. Самостоятельная подготовка студентов к работе. Перед началом работы студенты должны четко представлять себе цель работы, метод измерения, физическую сущность ожидаемых результатов. Должен быть подготовлен протокол измерений, содержащий таблицы для записи результатов измерений и основные расчетные формулы. Студенты, не подготовившиеся к работе в соответствии с этими требованиями, к выполнению работы не допускаются.

2. Проведение эксперимента. Этот этап осуществляется в соответствии с методическими указаниями, которые содержатся в описании к каждой работе. Лабораторные измерения на металлографическом микроскопе студент может начать только после собеседования с преподавателем и получения соответствующего допуска. Результаты измерения проверяются преподавателем.

При работе в лаборатории необходимо строго выполнять все правила техники безопасности и указания преподавателя.

3. Составление отчета о проделанной работе. К отчету о выполненной работе предъявляются следующие требования:

Отчет должен содержать исчерпывающие данные, как о цели работы, так и о результатах в следующей последовательности:

- задание;
- описание методики измерений;
- первичные экспериментальные результаты за подписью преподавателя;
- результаты обработки экспериментальных данных, включая графики, таблицы;
- общие выводы о работе и заключение, о качестве исследованных материалов.

Текст отчета должен быть написан аккуратно и разборчиво от руки или представлен в виде распечатки, после компьютерной верстки. В обоих случаях текст должен представлять собой логическое изложение существа вопроса. Недопустимо приведение формул, таблиц без разъяснений всех обозначений и сокращений. Отчет должен быть понятен для каждого читающего без каких-либо дополнительных вопросов у составителей отчета.

4. После представления отчета студент должен иметь, как минимум, поверхностные знания по контрольным вопросам к работе, имеющимся в методических указаниях, и ему выставляется балл, которым оценена данная лабораторная работа.

6. Промежуточная аттестация

Список основных вопросов к устному экзамену

1. Структура кристалла и пространственная решетка.
2. Магнитные свойства кристаллов.
3. Символы узлов, рядов и граней в кристаллическом многограннике.
4. Диэлектрические свойства кристаллов.
5. Кристаллографические проекции.
6. Пирозлектрический эффект.
7. Элементы симметрии кристаллических структур.
8. Основной закон кристаллофизики. Принцип суперпозиции Кюри.
9. Элементы симметрии кристаллических многогранников.
10. Геометрическая интерпретация тензора диэлектрической проницаемости.
11. Решетки Бравэ.
12. Матричные представления преобразований симметрии.
13. Обратная решетка. Основные свойства обратной решетки.
14. Теплопроводность.
15. Кристаллографические категории, сингонии и оси координат.
16. Равновесная концентрация точечных дефектов (дефекты по Френкелю - вывод).
17. Энергия связи.
18. Скалярные физические величины.
19. Контур и вектор Бюргерса.
20. Тензор механической деформации.
21. Равновесная концентрация точечных дефектов (дефекты по Шоттки- вывод).

22. Указательная поверхность пьезоэлектрического коэффициента.
23. Равновесная концентрация точечных дефектов (дефекты по Френкелю).
24. Прямой и обратный пьезоэффект.
25. Плотнейшая упаковка в структурах.
26. Пьезоэлектрический эффект в кварце.
27. Кристаллографические категории, сингонии и оси координат.
28. Скалярные физические свойства
29. Точечные дефекты. Дефекты по Френкелю и Шоттки.
30. Кристаллографические системы координат.
31. Типы связей в структурах.
32. Метод порошков.
33. Классификация дефектов.
34. Метод вращения монокристалла.
35. Атомные и ионные радиусы. Координационное число и координационный многогранник.
36. Электронная микроскопия.
37. Дислокации.
38. Пьезоэлектрический эффект.
39. Предел устойчивости структур.
40. Основные уравнения дифракции.
41. Символы узлов, рядов и граней в кристаллическом многограннике.
42. Кристаллографические проекции.
43. Элементы симметрии кристаллических структур.
44. Диэлектрические свойства кристаллов.
45. 1. Кристаллографические категории, сингонии и оси координат
46. 2. Прямой и обратный пьезоэффект.
47. Обратная решетка. Основные свойства обратной решетки.
48. Тензор механической деформации.
49. Типы связей в структурах.
50. Решетки Бравэ.

Методические рекомендации при подготовке к экзамену

Подготовка студентов к экзамену включает проработку лекций, в течении семестра и непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену, включая, конечно, подготовку к коллоквиумам, тестированию, выполнению лабораторных работ и их защиту.

Для подготовки к ответам на экзаменационные вопросы (они выдаются в конце семестра) студент должен использовать не только курс лекций, но и основную и дополнительную литературу для выработки умения давать развернутые ответы на поставленные вопросы.

В ходе подготовки к экзамену студенту необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания изучаемых вопросов. А это достигается не простым заучиванием, а усвоением прочных систематизированных знаний аналитическим мышлением. Следовательно, непосредственная подготовка к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

Критерии оценивания

| Оценка | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------|
| неудовлетворительно 0 баллов | удовлетворительно 3 балла | хорошо 4 балла | отлично 5 баллов |

| | | | |
|--|--|---|---|
| Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий. | Посещение не менее 60% лекционных и практических занятий. | Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий. | Посещение не менее 85% лекционных и практических занятий. |
| Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы. | Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос. | Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос. | Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос. |

7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Таблица 6. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.

| Результаты обучения (компетенции) | Основные показатели оценки результатов обучения | Вид оценочного материала |
|---|--|---|
| Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7) | <p><u>Знать:</u> основные правовые и этические нормы при оценке последствий своей профессиональной деятельности, методы самоорганизации и самообразования.</p> <p><u>Уметь:</u> самостоятельно осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных по свойствам, технологии изготовления и применения приборов электронной техники, использовать результаты самообразования в профессиональной деятельности.</p> <p><u>Владеть:</u> методами и способами самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, связанных с технологической подготовкой производства материалов и структур электронной техники.</p> | <p>Коллоквиум Тестирование</p> <p>Выполнение и защита лабораторных работ</p> <p>Коллоквиум Выполнение и защита лабораторных работ</p> |
| Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат. (ОПК-2). | <p><u>Знать:</u> простейшие физические и математические модели; стандартные программные средства компьютерного моделирования; основы прикладных дисциплин.</p> <p><u>Уметь:</u> анализировать полученные знания для применения их в реальном исследовании.</p> <p><u>Владеть:</u> технологиями приобретения, использования и обновления полученных знаний с целью дальнейшего роста в профессиональной деятельности.</p> | <p>Коллоквиум Тестирование</p> <p>Выполнение и защита лабораторных работ</p> <p>Коллоквиум Выполнение и защита лабораторных работ</p> |

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Гольдаде В. А. , Пинчук Л. С. Физика конденсированного состояния Под редакцией: Мышкин Н. К. Минск: Белорусская наука, 2009. - 648 с. (ЭБС)
2. Байков Ю. А. , Кузнецов В. М. Физика конденсированного состояния. Учебное пособие. Издательство: [М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011](#). 294 с. (ЭБС)
3. Разумовская И. В., Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки. Учебное пособие. Москва "Прометей", 2011, 68 с. (ЭБС)

Дополнительная литература

1. Василевский А.С. Физика твердого тела. Уч. пособие. – М.: Дрофа, 2010 г. 210 стр.
2. Брандт Н. Б., Кульбачинский В. А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 632 с.
3. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. “Основы кристаллофизики”, М., 1979, Наука.
4. Шаскольская М.П. “Кристаллография”, М., Высшая школа, 1976.
5. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М. Высшая школа, 1988.
6. Ашкрофт Н., Мэрмин Физика твердого тела. 1 и 2 том, М. Мир. 1979
7. Киттель Г. Физика твердого тела. М. Наука. 1978.
8. Уманский Я.С. и др. “Кристаллография, рентгенография, электронная микроскопия”, М., Металлургия, 1982.
10. Най Дж. “Физические свойства кристаллов и их описание при помощи тензоров и матриц”, М., Мир, 1967.
11. Кармоков А.М., Кармокова Р.Ю., Дышекова А.Х, Физика конденсированного состояния. Лабораторный практикум. (уч. пособие). – Нальчик, Из-во КБГУ, 2015. –64 с.

Периодические издания.

Научные журналы:

1. Успехи физических наук.
 2. Физика твердого тела.
 3. Известия АН РФ, Серия физическая.
 4. Неорганические материалы.
- и др.

Интернет-ресурсы

Электронная библиотека КБГУ<http://lib.kbsu.ru>
 Единое окно доступа к образовательным ресурсам.....<http://window.edu.ru>
 Информационно-справочный портал.....library.ru
 Публичная электронная библиотека.....[Public- library.narod.ru](http://Public-library.narod.ru)
 Российский общеобразовательный портал.....www.school.edu.ru
 Федеральный портал «Российское образование».....www.edu.ru
 Энциклопедии, словари, справочники.....www.encyklopedia.by.ru
 Российская государственная библиотека (РГБ).....E-mail: post@rsl.ru
 Библиотека Российской академии наук (БАН).E-mail: ban@info.ras.ru
<http://www.ban.ru>

9. Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

1. Студенты имеют доступ к единому образовательному portalу, где могут в открытом доступе пользоваться ресурсами учебно-методической литературы, являющимися разработками ведущих ВУЗОВ России.

2. Для рейтингового контроля используется система компьютерного тестирования на базе программного обеспечения Moodle.

3. При выполнении лабораторного практикума студенты в обязательном порядке проводят обработку экспериментальных данных с применением программных сред Microsoft Excel, MathCad.

4. В рамках обеспечения применения компьютерных технологий в образовательном процессе имеются специализированные компьютерные классы с современным программным обеспечением и имеющим выход в Интернет.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническую базу для проведения занятий по дисциплине составляют:

- специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного типа №238, оснащенная мультимедийным проектором и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы;
- рабочее место преподавателя;
- рабочие места студентов.

Мультимедийная презентация, сопровождающая лекцию, позволяет преподавателю акцентировать внимание студенческой аудитории на ключевых вопросах лекции.

Дисциплина обеспечена:

- тестовым материалом в электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет);
- книжным фондом библиотеки;
- электронными версиями лекций и учебников.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории №153 «Физика конденсированного состояния», оснащенной необходимым оборудованием и стендами для изучения структуры и свойств твердых тел.

Студенты имеют доступ через Интернет к электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет), которая позволяет размещать электронные учебные курсы в свободном доступе для студентов университета.

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий используются: лицензионное программное обеспечение:

- Продукты Microsoft (Desktop Education ALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription);
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition;
- AltLinux (Альт Образование 8);
- свободно распространяемые программы:
- Academic MarthCAD License - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;
- WinZip для Windows - программ для сжатия и распаковки файлов;

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования.

В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

- альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

**Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины
(модуля)**

по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
на 2020 – 2021 учебный год

| № п/п | Элемент (пункт) РПД | Перечень вно- симых изменений | Примечание |
|-------|---------------------|----------------------------------|------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

*Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры_
физических основ микро- и нанoeлектроники,
протокол № _____ от « ____ » _____ 2020 г.*

Заведующий кафедрой

_____ / А.А.Шебзухов /

подпись

расшифровка подписи

дата