

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета БГУ

_____ В.М. Анищик

26.06.2009 г.

Регистрационный № УД-2068/баз.

**ОСНОВЫ ЗОННОЙ ТЕОРИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

**Учебная программа для специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям)
(1-31 04 01-04 управленческая деятельность)**

2009

СОСТАВИТЕЛЬ:

М. Г. Лукашевич — доцент кафедры физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Д.А. Русакевич — доцент кафедры экспериментальной и теоретической физики Белорусского национального технического университета, кандидат физико-математических наук;

В.В. Углов — профессор кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 27 мая 2009 г.);

Ученым Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 11 от 26 июня 2009 г.);

Ответственный за редакцию: М. Г. Лукашевич

Ответственный за выпуск: М.Г. Лукашевич

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа курса " Основы зонной теории кристаллических твердых тел" разработана для специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям)

Специальный курс лекций " Основы зонной теории кристаллических твердых тел " рассматривает электронные процессы в твердом теле на основе зонной теории. В нем обосновывается возникновение зонного энергетического спектра электронов в кристалле, вводятся основные понятия для описания его поведения в силовом периодическом поле кристаллической решетки, изучаются основные методы определения зонной структуры и зонная структура важнейших материалов полупроводниковой электроники. На основании зонной теории рассматриваются наиболее важные для микро- и наноэлектроники электронные процессы при воздействии на кристалл внешних электрического и магнитного полей.

Программа курса составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Общее количество часов – 98; аудиторное количество часов — 42, из них: лекции — 32, контролируемая самостоятельная работа студентов — 10. Форма отчетности — экзамен.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Контролируемая самостоятельная работа	Всего
1	2	3	4	5
1.	Основы зонной теории кристаллических твердых тел	16	4	20
2	Электронные процессы во внешнем электрическом поле	8	2	10
3	Электронные процессы во внешнем магнитном поле	8	4	12
	Итого	32	10	42

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Основы зонной теории кристаллических твердых тел

1. Исторические этапы развития электронной теории кристаллических твердых тел. Классические представления Друде-Лоренца и квантовые Зоммерфельда. Закон дисперсии для свободных электронов. Плотность разрешенных электронных состояний .
2. Электроны в периодическом поле кристаллической решетки. Уравнение Шредингера для кристалла.
3. Адиабатическое и одноэлектронное приближения..
4. Периодичность поля кристаллической решетки. Оператор трансляции и трансляционное свойство волновой функции. Волновая функция для электрона в идеальном кристалле.
5. Основные характеристики электрона в периодическом поле решетки. Квазиимпульс. Эффективная масса. Скорость и ускорение электрона в периодическом поле решетки.

6. Периодичность энергии электрона в кристалле. Понятие о зонах Бриллюэна. Зоны Бриллюэна для плоской квадратной решетки. Представление о дискретности квазиимпульса.

7. Решение уравнения Шредингера для электрона в периодическом поле в приближении слабой связи. Приближение почти связанного электрона. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории..

8. Основные методы расчета зонной структуры кристаллических твердых тел. Зонная структура важнейших материалов твердотельной электроники: алмаз, кремний, германий, серое олово. Зонная структура важнейших бинарных и многокомпонентных соединений.. (2)

9. Основные экспериментальные методы изучения зонной структуры твердых тел. Способы управления параметрами зонной структуры твердых тел..

10. Локализованные электронные состояния в кристалле. Переходы Мотта и Андерсона. Мелкие и глубокие примесные состояния в кристалле. Примесная зона. Особенности электронных состояний и процессов в слабоупорядоченных кристаллах.

2. Электронные процессы во внешнем электрическом поле

11. Основные механизмы переноса зарядов в полупроводниках. Законы Мотта и Шкловского-Эфроса.

12. Эффекты Зинера и Френкеля. Разогрев электронов в электрическом поле. Понятие об электронной температуре.

13. Функция распределения электронов по энергиям в электрическом поле

14. Ударная ионизация в собственных и легированных полупроводниках..

15. Сверх- и сублинейные вольтамперные характеристики полупроводниковых кристаллов

3. Электронные процессы во внешнем магнитном поле

16. Полупроводниковые кристаллы в однородном постоянном магнитном поле. Изменение энергетического спектра.

17. Плотность разрешенных состояний и энергии Ферми в магнитном поле. Представление о классических и квантовых магнитных полях.

18. Кинетические явления в полупроводниках. Эффект Холла, магниторезистивный эффект. Эффекты Эттинггаузена и Нернста..

19. Кинетические явления в квантовых магнитных полях, при прыжковом и зонном механизмах переноса заряда

20. Осцилляции кинетических коэффициентов в квантовом пределе.. Основные магнитооптические явления и их интерпретация.

21. Эффекты Кондо и отрицательный магниторезистивный эффект. Особенности электронных процессов в слабо разупорядоченных полупроводниках.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемые формы контроля знаний

1. Тестовые задания
2. Реферативные работы

Рекомендуемые темы тестовых заданий

1. Законы дисперсии для свободного и связанного электронов
2. Экспериментальные и теоретические методы определения характеристик зонной структуры
3. Зонная теория в приближении почти свободного электрона
4. Представление оквазиимпульсе
5. Плотность электронных состояний в магнитном поле
6. Положительный и отрицательный магниторезистивные эффекты
7. Функция распределения в сильном электрическом поле

Рекомендуемые темы реферативных работ

1. Элементарные теории электронной проводимости.
2. Основные характеристики электрона в поле кристалла.
3. Методы управления характеристиками зонной структуры полупроводниковых материалов.
5. Эффект Зинера.
6. Энергетический спектр электрона в квантующем магнитном поле.
7. Сравнительный анализ механизмов переноса заряда в металлах и полупроводниках.
8. Размерное квантование в тонких пленках и многослойных структурах.
9. Прыжковые механизмы переноса заряда в полупроводниках.
10. Особенности переноса заряда в магнитоупорядоченных средах

Рекомендуемая литература

Основная

1. Киреев П.С. Физика полупроводников. М., 1975.
2. Абрикосов А. А. Основы теории металлов. М., 1987.
3. Аскеров Б.М. Электронные явления переноса в полупроводниках. М., 1985.
4. Блатт Ф. Физика электронной проводимости в твердых телах. М.: Мир, 1971.-470 с.
5. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1990. -688 с.
6. Зеегер К. Физика полупроводников. М.: Мир, 1977.
7. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., 1978. -791 с.
8. Ридли Б. Квантовые процессы в полупроводниках. М.: Мир, 1986.
9. Слэтер Дж. Диэлектрики, полупроводники, металлы. М., 1969.

10. Смит Р. Полупроводники. М., 1982.
11. Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука. 1979. -416 с.
12. Имри И. Введение в мезоскопическую физику. – М.: Физматлит, 2002. – 304 с.
13. Гантмахер В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах. М.: Физматлит, 2003. – 174 с.
14. Цидильковский И.М. Электроны и дырки в полупроводниках М.1972, 640 с.
15. Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука. 1979. -416 с.

Дополнительная

- 1.Марч Н., Паринелло М. Коллективные эффекты в твердых телах и жидкостях. М., 1986.
- 2.Туннельные явления в твердых телах / Под. ред. Э. Бурштейна и С. Лундквиста. М.: Мир, 1973. -421 с.
- 3.Квантовый эффект Холла /Под ред. Р. Прейенджа, С. Гирвина. – М.: Мир, 1989. – 404 с.
- 4.Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки. М.: Мир, 1989. -240 с.
- 5.Молекулярно – лучевая эпитаксия и гетероструктуры / Под ред. Л. Ченга, К. Плога. – М.: Мир, 1989. – 582 с.
- 6.Гантмахер В. Ф. Рассеяние носителей тока в металлах и полупроводниках. – М.: Наука, 1984. – 351 с.
7. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974. -472 с.