Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета БГУ

_____ В.М. Анищик

_26.06.2009_____

Регистрационный № УД-2036 /баз.

ЗОННАЯ ТЕОРИЯ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Учебная программа для специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям)
(1-31 04 01-02 производственная деятельность)

2009

СОСТАВИТЕЛЬ:

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

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

С. П. Сернов — доцент кафедры технической физики Белорусского национального технического университета, кандидат физико–математических наук;

Ю. М. Покотило — доцент кафедры атомной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико–математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 5 от 27 мая 2009);

Ученым Советом физического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 11 от 26 июня 2009);

Ответственный за редакцию: М. Г. Лукашевич

Ответственный за выпуск: М.Г. Лукашевич

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа курса " Зонная теория материалов электронной техники" разработана для специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям)

Специальный курс лекций " Зонная теория материалов электронной техники" рассматривает электронные процессы в твердом теле на основе зонной теории кристаллических твердых тел. 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 твердотельной электроники. На основании зонной теории рассматриваются наиболее важные для твердотельной электроники электронные процессы при воздействии на кристалл внешних электрического и магнитного полей.

.Программа курса составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Общее количество часов –104; аудиторное количество часов — 42, из них: лекции — 34, контролируемая самостоятельная работа студентов — 8. Форма отчётности — 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	20	4	24
2	Электронные процессы во внешнем электрическом и магнитном полях при разных механизмах проводимости	14	4	18
	Итого	34	8	42

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Основы электронной 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. Квазиимульс. 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 слаборазупорядоченных кристаллах.

2. Электронные процессы во внешнем электрическом и магнитном полях при разных механизмах проводимости

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. Ударная ионизация в собственных и легированных полупроводниках. Нелинейные ВАХ полупроводниковых кристаллов..
14. Полупроводниковые кристаллы в однородном постоянном магнитном поле. Изменение энергетического спектра.
15. Плотность разрешенных состояний и энергии Ферми в магнитном поле. Представление о классических и квантующих магнитных полях.
16. Кинетические явления в полупроводниках. Эффект Холла, магниторезистивный эффект. Эффекты Эттингаузена и Нернста..
17. Кинетические явления в квантующих магнитных полях, при прыжковом и зонном механизмах переноса заряда
18. Осцилляции кинетических коэффициентов в квантовом пределе..
19. Основные магнитооптические явления и их интерпретация.
20. Магнитные примеси в немагнитных металлах и полупроводниках. Особенности рассеяния носителей заряда на магнитных центрах.
21. Эффекты Кондо и отрицательноый магниторезистивный эффект. Особенности электронных процессов в слабо разупорядоченных полупроводниках.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемые формы контроля знаний

1. Тестовые задания
2. Реферативные работы

Рекомендуемы темы тестовых заданий

1. Законы дисперсии для свободного и связанного электронов
2. Экспериментальные методы определения характеристик зонной структуры
3. Зонная теория в приближении почти свободного электрона
4. Эффективная масса
5. Энергетический спектр электрона в магнитном поле
6. Положительный и отрицательный магниторезистивные эффекты
7. Плотность разрешенных электронных состояний и ее изменение в магнитном поле

Рекомендуемы темы реферативных работ

1. Теорема Блоха.

2. Дискретность квазиимпульса электрона в кристалле.

3. Методы управления характеристиками зонной структуры полупроводниковых материалов.

5. Эффект Френкеля.

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 структурах.

9. Прыжковый механизм переноса заряда в полупроводниках.

10. Особенности переноса заряда в магнитоупорядоченных

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.