

**Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций**

Утверждаю

Директор ИФНиТ



Макаров С.Б.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
В МАГИСТРАТУРУ**

Направление подготовки:

**11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2017**

## Содержание

Идеальный кристалл, группа трансляций. Кристаллическая решетка. Кристаллическая структура твердых тел. Базис. Прimitивная элементарная ячейка. Ячейка Вигнера Зейтца. Основные типы кристаллических решеток. Решетки Бравэ. Координационное число. Индексы Миллера плоскостей и направлений.

Обратная решетка. Связь между параметрами обратной и прямой решеток. Свойства обратной решетки. Дифракция рентгеновских лучей. Условие Лауэ. Диапазон длин волн, дифрагирующих на кристалле. Условие Вульфа-Брэгга.

Зоны Бриллюэна, групповые и фазовые скорости. Фононы. Особенности колебания для акустических и оптических ветвей. Теплоемкость решетки. Общий подход к ее определению. Классическая теория теплоемкости. Квантовая теория теплоемкости Эйнштейна. Квантовая теория теплоемкости Дебая.

Диамagnetизм одноядерных систем. Парамагнетизм: классическая теория.

Классическая электронная теория металлов Друде. Ограничения и недостатки классической электронной теории металлов. Модель свободных электронов Зоммерфельда. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Термоэлектронная эмиссия. Закон Видемана-Франца.

Основные представления приближения почти свободных электронов. Волновое уравнение Шредингера для электрона в периодическом потенциальном поле (условие брэгговского отражения). Функции Блоха. Кристалл с периодическим потенциальным рельефом. Модель Кронига-Пенни. Схема приведенных зон Бриллюэна. Заполнение зон электронами. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Зоны Бриллюэна для многомерных твердых тел. Валентная зона, зона проводимости и энергетическая щель (запрещенная зона) в полупроводниках.

Электроны и дырки. Фазовая и групповая скорости. Эффективная масса. Физическая интерпретация понятия эффективной массы.

Функции распределения электронов и дырок в полупроводниках и их особенности. Концентрация электронов и дырок в зоне проводимости и в валентной зоне. Вырожденный и невырожденный полупроводник. Собственная проводимость. Закон действующих масс. Уравнение электронейтральности. Мелкие примесные центры водородоподобного типа. Собственные и примесные полупроводники. Полупроводники n- и p-типа. Положение уровня химического потенциала.

Кинетическое уравнение Больцмана и его решение в приближении времени релаксации. Основные механизмы рассеяния носителей заряда. Удельная электропроводимость и подвижность, их температурная и концентрационная зависимость. Эффект Холла.

Прямые и непрямые межзонные переходы. Экситонное поглощение света. Примесное поглощение света. Поглощение света свободными электронами. Поглощение света колебаниями решетки. Циклотронный резонанс. Край фундаментального поглощения в сильном электрическом поле. Циклотронный резонанс. Эффект Бурштейна-Мосса. Волновое уравнение и уравнение Френеля. Эффект Фарадея на свободных электронах.

Энергетические спектры электронов на поверхности. Потенциал и заряд поверхности. Проводимость приповерхностного слоя. Эффект поля.

Вольтамперная характеристика идеального диода на p-n переходе. Транзисторы p-n-p и n-p-n типов. Фотодиод. Светодиод. Полупроводниковый лазерный инжекционный диод.

Структура интегрального биполярного транзистора. Варианты включения биполярных транзисторов. Конструктивно-технологические особенности и варианты интегральных биполярных транзисторов. Тонкопленочные резисторы. Интегральные конденсаторы: диффузионные конденсаторы, МДП-конденсаторы.

## 1. Рекомендуемая литература

### Основная

1. Ю Питер, Кардона Мануэль. Основы физики полупроводников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 560 с.
2. Владимирская Е.В., Гасумянц В.Э., Сидоров В.Г. Физика твердого тела. Равновесная статистика носителей заряда в полупроводниках. Учебное пособие. СПб., Изд-во СПбГТУ, 2000 г.. 64 с.
3. Равич Ю.И. Физика твердого тела. Свободный электронный газ Ферми. Уч. пособие. СПб. Изд-во СПбГТУ, 1998, 36 с.
4. Воробьев Л.Е., Данилов С.Н., Ивченко Е.Л., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А. Горячие электроны в полупроводниках и наноструктурах. Уч. пособие. Под ред. Л.Е.Воробьева. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. 154с.
5. Воробьев Л.Е., Данилов С.Н., Ивченко Е.Л., Левинштейн М.Е., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А. Кинетические и оптические явления в сильных электрических полях в полупроводниках и наноструктурах. Под ред. Л.Е.Воробьева. СПб.: Изд-во Наука, 2000, 160 с.
6. В.И.Ильин, С.Ф.Мусихин Основы теории полупроводниковых *p-n* структур и контактов металл-полупроводник. Уч. пос. - СПб.: СПбГТУ, 1994, 92 с.
7. Шретер Ю.Г., Ребане Ю.Т., Зыков В.А., Сидоров В.Г. Широкозонные полупроводники. СПб.: Изд-во Наука, 2001, 188 с.

### Дополнительная

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Физматгиз, 1978, 492 с.
2. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников.- М., Наука, 1977, 672 с.
3. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников.- М.: Наука, 1977, 559 с.
4. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках.- М.: Физматгиз, 1963, 496 с.
5. Пикус Г.Е. Основы теории полупроводниковых приборов.- М.: Наука, 1965, 448 с.
6. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. - М.: Радио и связь, 1990, 264 с.
7. Ильин В.И., Мусихин С.Ф. Электронные процессы и контактные явления в полупроводниках. - СПб.: СПбГТУ, 1992, 48 с.
8. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. - М.: Мир, 1984, кн.1 - 456 с., кн.2 - 456 с.
9. Воробьев Л.Е. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Учебное пособие - Л.: ЛПИ, 1988. - 99 с.