

АННОТАЦИЯ

учебной дисциплины Б1.В.03 «Физика полупроводников»
по образовательной программе направления подготовки
03.06.01 Физика и астрономия,
направленность «Физика полупроводников»
квалификация (степень) выпускника: исследователь, преподаватель-
исследователь.

Целью освоения дисциплины «Физика полупроводников» является формирование представлений о предмете, объектах, теоретических и практических достижениях современной физики полупроводников, а также развитие способностей практического применения полученных знаний.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

1. Изучить строение, физико-химические свойства, кристаллическую структуру полупроводников;
2. Изучить теорию, описывающую основные свойства полупроводников;
3. Сбор, изучение и систематизация отечественной и иностранной научнотехнической литературы по тематике исследований в области физики полупроводников;

1. Изучение сфер применения полупроводниковых материалов при создании новых систем функционального назначения.

Объем дисциплины: в 5 зачетных единицах и 180 часах.

Семестр: 7, 8.

Краткое содержание дисциплины

Тема 1. Химическая связь и атомная структура полупроводников.

Химическая связь и атомная структура полупроводников. Электронная конфигурация внешних оболочек атомов и типы сил связи в твердых телах. Ван-дер-ваальсова, ионная и ковалентная связь. Структуры важнейших полупроводников - элементов AIV, AVI и соединений типов AШBV, AПBVІ, AIVBVІ. Симметрия кристаллов. Трансляционная симметрия кристаллов. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна. Примеси и структурные дефекты в кристаллических и аморфных полупроводниках. Химическая природа и электронные свойства примесей. Точечные, линейные и двумерные дефекты.

Тема 2. Основы технологии полупроводников и методы определения их параметров.

Основы технологии полупроводников и методы определения их параметров. Методы выращивания объемных монокристаллов из жидкой и газовой фаз. Методы выращивания эпитаксиальных пленок (эпитаксия из жидкой и газовой фазы). Молекулярно-лучевая эпитаксия.

Металлорганическая эпитаксия. Методы легирования полупроводников. Основные методы определения параметров полупроводников: ширины запрещенной зоны, подвижности и концентрации свободных носителей, времени жизни неосновных носителей, концентрации и глубины залегания уровней примесей и дефектов.

Тема 3. Основы зонной теории полупроводников.

Основы зонной теории полупроводников. Основные приближения зонной теории. Волновая функция электрона в периодическом поле кристалла. Теорема Блоха. Зона Бриллюэна. Энергетические зоны. Законы дисперсии для важнейших полупроводников. Изоэнергетические поверхности. Тензор обратной эффективной массы. Плотность состояний. Особенности Ван-Хова. Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях. Метод эффективной массы. Искривление энергетических зон в электрическом поле. Движение электронов и дырок в магнитном поле. Определение эффективных масс из циклотронного (диамагнитного) резонанса. Связь зонной структуры с оптическими свойствами полупроводника. Уровни энергии, создаваемые примесными центрами в полупроводниках. Доноры и акцепторы. Мелкие и глубокие уровни. Водородоподобные примесные центры.

Тема 4. Равновесная статистика электронов и дырок в полупроводниках.

Равновесная статистика электронов и дырок в полупроводниках. Функция распределения электронов. Концентрация электронов и дырок в зонах, эффективная плотность состояний. Невырожденный и вырожденный электронный (дырочный) газ. Концентрации электронов и дырок на локальных уровнях. Факторы вырождения примесных состояний. Положение уровня Ферми и равновесная концентрация электронов и дырок в собственных и примесных (некомпенсированных и компенсированных) полупроводниках. Многозарядные примесные центры.

Тема 5. Механизмы рассеяния носителей заряда в реальной решетке.

Механизмы рассеяния носителей заряда в неидеальной решетке. Взаимодействие носителей заряда с акустическими и оптическими фононами. Рассеяние носителей заряда на заряженных и нейтральных примесях. Горячие электроны. Отрицательная дифференциальная проводимость. Электрические неустойчивости; электрические домены и токовые шнуры.

Тема 6. Рекомбинация электронов и дырок в полупроводниках.

Рекомбинация электронов и дырок в полупроводниках. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Квазиравновесие, квазиуровни Ферми. Уравнение кинетики рекомбинации. Времена жизни. Фотопроводимость. Механизмы рекомбинации. Излучательная и безызлучательная рекомбинация. Межзонная рекомбинация. Рекомбинация через уровни примесей и дефектов.

Центры прилипания. Оже-рекомбинация. Пространственно неоднородные неравновесные распределения носителей заряда. Амбиполярная диффузия. Эффект Дембера. Длина диффузии неравновесных носителей заряда.

Тема 7. Оптические явления в полупроводниках.

Оптические явления в полупроводниках. Комплексная диэлектрическая проницаемость, показатель преломления, коэффициент отражения, коэффициент поглощения. Связь между ними и соотношения Крамерса-Кронига. Межзонные переходы. Край собственного поглощения в случае прямых и непрямых, разрешенных и запрещенных переходов. Экситонное поглощение и излучение. Спонтанное и вынужденное излучение. Поглощение света на свободных носителях заряда. Поглощение света на колебаниях решетки. Рассеяние света колебаниями решетки, комбинационное рассеяние на оптических фононах (Рамана-Ландсберга), рассеяние на акустических фононах (Бриллюэна-Мандельштама). Влияние примесей на оптические свойства. Примесная структура оптических спектров вблизи края собственного поглощения в прямозонных и непрямозонных полупроводниках. Межпримесная излучательная рекомбинация. Экситоны, связанные на примесных центрах.

Фотоэлектрические явления. Примесная и собственная фотопроводимость. Влияние прилипания неравновесных носителей заряда на фотопроводимость. Оптическая перезарядка локальных уровней и связанные с ней эффекты. Термостимулированная проводимость. Фоторазогрев носителей заряда. Фотоэлектромагнитный эффект.

Тема 8. Полупроводниковые структуры пониженной размерности и сверхрешетки.

Полупроводниковые структуры пониженной размерности и сверхрешетки. Размерное квантование. Двумерные и квазидвумерные электронные системы и структуры, в которых они реализуются. Контра- и ковариантные композиционные сверхрешетки, легированные сверхрешетки легирования. Квантовые нити. Квантовые точки. Энергетический спектр электронов и плотность состояний в этих системах.

Тема 9. Оптические явления в структурах с квантовыми ямами.

Оптические явления в структурах с квантовыми ямами, правила отбора для межзонных и внутризонных (межподзонных) переходов. Межзонное поглощение и излучательная рекомбинация в этих структурах. Экситоны в квантовых ямах, квантоворазмерный эффект Штарка. Электрические и гальваномагнитные явления в двумерных структурах. Эффект Шубникова-де Гааза. Общее представление о квантовом эффекте Холла

Аудиторный курс включает в себя практические занятия.
Форма промежуточной аттестации - зачет, экзамен.