

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2023 15:03:46

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf7f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bca882b8d602

## Аннотация рабочей программы дисциплины

### «Физические основы электроники»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль): «Квантовые приборы и наноэлектроника», «Интегральная электроника и наноэлектроника»

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

#### 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств полупроводников для проектирования, изготовления и исследования рабочих параметров дискретных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем различного функционального назначения.

Задачи изучаемой дисциплины – расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения достижений современной физики полупроводников; изучение способов практического использования свойств полупроводниковых материалов; практическое овладение основными теоретическими моделями электронных процессов в полупроводниках, навыками проведения эксперимента по изучению свойств полупроводниковых материалов и структур на современном автоматизированном измерительном стенде.

#### 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных Для её освоения требуются знания, умения и опыт деятельности, приобретаемые студентами при изучении следующих дисциплин: Математический анализ; Физика. Элек-тричество и магнетизм; Физика. Атомная физика и строение вещества; Теория вероятно-стей и математическая статистика; Квантовая механика.

#### 3. Краткое содержание дисциплины

##### 1. Строение и электронные свойства полупроводниковых кристаллов

**Типы конденсированных сред. Симметрия и структура кристаллов.** Определение конденсированного состояния, классификация конденсированных сред; геометрическая структура кристаллов, элементы симметрии, решетки Бравэ; типы кристаллических сингоний; кристаллическая структура основных полупроводников, квазикристаллы

##### **Обратная решетка. Дифракция рентгеновских лучей на кристалле.**

Кристаллографические координаты, индексы Миллера; дифракция рентгеновских и электронных волн на кристалле, условия дифракции Лауэ и Вульфа-Брэгга, брэгговские плоскости, обратная решетка, структурные и атомные факторы рассеяния.

**Основы зонной теории твёрдого тела.** Адиабатическое и одноэлектронное приближения зонной теории. Уравнение Шредингера в периодическом потенциале, граничные условия Борна-Кармана, теорема Блоха и блоховская волновая функция. Энергетические зоны, зоны Бриллюэна, число состояний в зоне Бриллюэна; классификация кристаллов на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Эффективная

масса носителя заряда в кристалле, поверхность Ферми и уровень Ферми; плотность состояний.

**Особенности зонной структуры основных полупроводников.** Понятие дырки. Особенности зонной структуры полупроводников 4-й группы и соединений АЗВ5, sp<sup>3</sup>-гибридизация. Эллипсоиды проводимости. Легкие и тяжелые дырки.

## 2. Статистика носителей заряда в полупроводниках

**Типы и роль примесей в кристаллах.** Типы и роль примесей в кристаллах. Доноры и акцепторы, мелкие и глубокие примесные состояния. Водородоподобные примесные центры. Методы описания примесей в кристалле, метод эффективной массы.

**Концентрация носителей заряда в полупроводниках.** Функция распределения носителей заряда в полупроводниках. Концентрации электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне

**Уравнение электронейтральности.** Функция заполнения примесного центра. Концентрация электронов в зоне проводимости полупроводников 4-й группы и соединений АЗВ5. Золотое правило статистики. Уравнение электронейтральности. Функция заполнения примесного центра. Собственные полупроводники

**Концентрация носителей заряда в легированных полупроводниках.** Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в донорном полупроводнике. Акцепторные полупроводники. Компенсированные полупроводники

**Неравновесные носители заряда в полупроводниках.** Неравновесные носители заряда в полупроводниках. Генерация и рекомбинация. Типы и механизмы рекомбинации. Время жизни. Квазиуровень Ферми. Концентрация носителей заряда в присутствии электростатического потенциала.

**Время жизни при различных механизмах рекомбинации.** Рекомбинация зона-зона. Рекомбинация через ловушки. Модель Шокли-Рида-Холла. Зависимость времени жизни от концентрации и положения уровня ловушки. Оже-рекомбинация

**Кинетические процессы в полупроводниках.** Уравнения непрерывности. Диффузионный и дрейфовый токи. Подвижность и коэффициент диффузии. Соотношение Эйнштейна. Амбиполярные диффузия и дрейф. Диффузионная длина. Экранирование электрического поля в полупроводнике. Дебаевская длина экранирования. Эффект поля.

## 3. Аморфные и органические полупроводники, границы раздела

**Сильно легированные и аморфные полупроводники.** Глубокие примеси в полупроводниках. Многозарядные примесные центры. Механизмы образования связанных состояний на отталкивательных центрах. Сильно легированные и

неупорядоченные полупроводники. Локализация Андерсона и переход Мотта. Хвосты плотности состояний и щель подвижности.

**Свойства поверхности.** Поверхность и поверхностные таммовские состояния. Энергетические зоны поверхности. Заряд поверхностных состояний. Пиннинг уровня Ферми. Работа выхода

**Органические полупроводники.** Сопряженные полимеры. Пайерлсовская неустойчивость. Допирование сопряженных полимеров. Солитоны и поляроны

**Разработчик:**

Доцент каф. КФН Журавлёв М. Н.