

Физические явления в низкоразмерных структурах

Случинская И. А., доцент, к.ф.-м.н., кафедра полупроводников

1. Введение. Нанofизика, наноматериалы, наноэлектроника, нанотехнология, диагностика наноструктур.

2. Основные идеи и принципы квантовой механики. Размерное квантование. Плотность состояний. Принцип размерного квантования. Квантовые пленки, нити и точки.

3. Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров.

Баллистический транспорт носителей заряда. Параметры, характеризующие транспорт носителей. Баллистическая проводимость нитей. Универсальная баллистическая проводимость. Квантовая единица проводимости. Структура типа квантового точечного контакта.

Квантовый эффект Холла. Энергетический спектр и плотность состояний двумерных систем в магнитном поле. Кинетические явления в сильных магнитных полях. Целочисленный квантовый эффект Холла и эффекты локализации. Дробный квантовый эффект Холла.

Фазовая интерференция электронных волн.

Преломление направления движения баллистических электронов на границе раздела 2-х областей двумерного электронного газа. Коммутатор пучка электронов.

4. Туннелирование носителей заряда.

Движение частицы в одномерном потенциальном поле. Парадокс Хартмана.

Особенности туннельного транспорта электронов в низкоразмерных структурах.

Одноэлектронное туннелирование. Эффект дискретного одноэлектронного туннелирования. Кулоновская блокада. Одноэлектронные туннельные осцилляции.

Эквивалентная схема и ВАХ структуры с одним туннельным барьером. Условия экспериментального наблюдения.

Двухбарьерная структура. ВАХ двухбарьерной структуры.

Сотуннелирование.

Одноэлектронный транзистор. Эквивалентная схема. Условия переключения одноэлектронного транзистора.

Проблемы и ограничения.

5. Структуры с вертикальным переносом и квантовые сверхрешетки.

Резонансное туннелирование. ВАХ двухбарьерной резонансно-туннельной структуры.

ВАХ сверхрешеток. Частота Ванье-Штарка.

6. Спиновые эффекты.

Собственная спиновая поляризация. Материалы со спиновой поляризацией электронов.

Спин-зависимый транспорт носителей заряда. Спинтроника. Магнитосопротивление и магнитооптическое взаимодействие.

Гигантское магнитосопротивление. Структура с протеканием тока параллельно плоскости слоев. Структура с протеканием тока перпендикулярно плоскости слоев. Спиновый вентиль.

Спин-зависимое туннелирование. Зависимость магнитосопротивления туннельных переходов от напряженности магнитного поля, приложенного напряжения и температуры.

Управление спинами носителей заряда в полупроводниках. Расщепление состояний носителей заряда по спинам. Инжекция носителей с определенным спином. Перенос спин-поляризованных носителей. Определение спина носителей заряда.

Эффект Кондо. Эффект Кондо в квантовых точках.

7. Условия наблюдения размерных эффектов.

8. Низкоразмерные структуры.

Свободная поверхность. Межфазные границы.

Основные полупроводниковые квантовые размерные структуры.

Структуры с двумерным электронным газом.

Полупроводниковые и полуметаллические пленки.

Структуры с квантовым ограничением, создаваемым внешним электрическим полем.
МДП-структуры.

Структуры с квантовым ограничением, создаваемым внутренним электрическим полем.

Гетеропереходы. Правило Андерсона. Зонная диаграмма. Гетероструктуры. Модуляционно-легированные структуры. Дельта-легированные структуры. Квантовые ямы.

Сверхрешетки (СР). Модель Кронига-Пенни. Изопериодические, напряженные и релаксированные СР. Периодические, непериодические и квазипериодические СР. Классификация периодических СР. Классификация композиционных СР. Легированные СР. Композиционно-легированные СР.

Структуры с одномерным электронным газом.

Структуры с нуль-мерным электронным газом.

Литература

1. Демиховский В.Я., Вугальтер Г.А. Физика квантовых низкоразмерных структур. М., «Логос», 2000.
2. Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Данилюк А.Л., Уткина Е.А. Наноэлектроника: теория и практика. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013.
3. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки. Пер. с англ. М.: Мир, 1989.
4. Ю П., Кардона М. Основы физики полупроводников. Пер. с англ. М.: Физматлит, 2002.