**ФИЗИКА НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ**

Раздел 1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СИСТЕМАХ С ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТЬЮ

Тема 1. КВАНТОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ЭФФЕКТЫ

В НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУРАХ

Квантовое ограничение. Туннелирование. Баллистический перенос заряда. Спиновые эффекты.

Тема 2. ЭЛЕМЕНТЫ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ

Квантовые пленки, квантовые проводники, квантовые точки.

Гетеропереходы, гетероструктуры, сверхрешетки. Дельта-легированные структуры.

Структуры металл–диэлектрик–полупроводник. Структуры с расщепленным затвором.

Тема 3. МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР

Молекулярно-лучевая эпитаксия. Химическое осаждение из газовой фазы. Сканирующая зондовая микроскопия.

Раздел 2. ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ В СИСТЕМАХ ПОНИЖЕННОЙ

РАЗМЕРНОСТИ

Тема 4. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА ПРОСТЕЙШИХ СТРУКТУР

Потенциальная яма с бесконечно высокими стенками. Трехмерная потенциальная яма. Потенциальная яма со стенками конечной высоты. Параболическая потенциальная яма – гармонический квантовый осциллятор. Треугольная потенциальная яма.

Тема 5. ТУННЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ БАРЬЕР

Потенциальная ступенька. Использование Т-матриц для расчета квантовых структур: туннелирование через барьер; дельта-барьер; особенности прохождения электронов над потенциальным барьером и потенциальной ямой.

Тема 6. ПЛОТНОСТЬ СОСТОЯНИЙ ЭЛЕКТРОНОВ В СИСТЕМАХ ПОНИЖЕННОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Одномерная модель. Двухмерная модель. Трехмерная модель. Нульмерная модель.

Тема 7. ТОК ЧЕРЕЗ ОДНОМЕРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР

Формула Тсу–Есаки. Большие смещения. Низкие температуры. Малые смещения. Малые смещения и низкие температуры. Квантовая единица проводимости.

Раздел 3. РЕЗОНАНСНОЕ ТУННЕЛИРОВАНИЕ

Тема 8. ТУННЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ

ДВУХБАРЬЕРНУЮ КВАНТОВУЮ СТРУКТУРУ

Расчет коэффициента передачи для двухбарьерной квантовой структуры. Зависимость коэффициента передачи от энергии. Время жизни электрона между барьерами.

Тема 9. ТОК ЧЕРЕЗ ДВУХБАРЬЕРНУЮ КВАНТОВУЮ СТРУКТУРУ

Одномерная модель. Двухмерная модель. Трехмерная модель.

Тема 10. ПРИБОРЫ НА РЕЗОНАНСНОМ ТУННЕЛИРОВАНИИ

Принцип работы резонансно-туннельного диода. Обозначения, эквивалентная схема, частотное ограничение, параметры. Паразитные токи. Многобарьерные квантовые структуры. Примеры реализации. Резонансно-туннельный транзистор.

Раздел 4. ОДНОЭЛЕКТРОННОЕ ТУННЕЛИРОВАНИЕ

Тема 11. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОДНОЭЛЕКТРОНИКИ

Базовая теория кулоновской блокады. Условия наблюдения. Вольтамперная характеристика. Кулоновская лестница.

Тема 12. РЕАЛИЗАЦИЯ ОДНОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Одноэлектронный ящик. Условие смещения для наблюдения кулоновской блокады.Теорема Тевенина. Одноэлектронный транзистор. Вольтамперная характеристика. Кулоновский «алмаз».

Раздел 5. БАЛЛИСТИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ

Тема 13. КВАНТОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТОЧЕЧНЫХ

КОНТАКТОВ

Баллистический и диффузионный перенос носителей заряда. Формула Ландауэра. Квантование сопротивления точечного контакта.

Тема 14. ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В МЕЗОСТРУКТУРАХ

Фазовая интерференция электронных волн. Эффект Аронова–Бома. Методы управления фазой и направлением движения электронов. Приборы на интерференционных эффектах.

Раздел 6. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР

Тема 15. ЭФФЕКТ ХОЛЛА

Классический эффект Холла. Поперечная и продольная проводимость. Целочисленный квантовый эффект Холла. Условия наблюдения. Метрологическое значение. Дробный квантовый эффект Холла.

### ЛИТЕРАТУРА

###### Основная

1. Кравченко А.Ф., Овсюк В.Н. Электронные процессы в твердотельных структурах пониженной размерности. – Новосибирск: Изд.-во Новосибирского университета, 2000. – 488 с.
2. Драгунов В. П. Основы наноэлектроники : учеб. пособие / В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. - Новосибирск : Физматкнига ; Логос, 2006. - 494 с.
3. Демиховский В.Я., Вугальтер Г.А. Физика квантовых низкоразмерных структур. - М.: Логос, 2000. - 248 с.
4. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф. и др. Физика низкоразмерных систем. - М.: Наука, 2001.-(Новые разделы физики полупроводников).
5. Оптические свойства наноструктур: Учеб. пособие / Воробьев Л.Е., Ивченко Е.Л., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А. - СПб.: Наука, 2001. - 188 с.
6. Борисенко В.Е.  Наноэлектроника: теория и практика : учебник / В.Е.Борисенко, А.И.Воробьева, А.Л.Данилюк, Е.А.Уткина. – М. : Бином, 2013.

Дополнительная

1. J.H. Davies, The Physics of Low-Dimensional Semiconductors: An Introduction (Cambridge University Press, Cambridge, 1998).
2. R.Waser. Nanoelectronics and information technology: Advanced electronic materials and novel devices/ ‑ WILEY-VCH Gmbh & Co. KGaA, 2002 – 1001 c.
3. D. K. Ferry, S. M. Goodnick, Transport in Nanostructures (Cambridge University Press, Cambridge, 1997).