

Программа курса

«Основы физики полупроводниковых приборов»

Лебедев А.И., профессор, д.ф.м.н., кафедра физики полупроводников и криоэлектроники

(8-й семестр, 68 часов, экзамен)

1. Введение. Классификация полупроводниковых приборов.
2. Потенциальный барьер в $p-n$ -переходах. Распределение электрического поля и потенциала в резких и плавных $p-n$ -переходах, контактная разность потенциалов. Влияние напряжения смещения на толщину области пространственного заряда.
3. Протекание тока в $p-n$ -переходе. Инжекция неосновных носителей заряда. Вольт-амперная характеристика тонкого $p-n$ -перехода при низком уровне инжекции (модель Шокли). Влияние температуры на характеристики диодов, максимальная рабочая температура. Влияние конечной толщины базы на величину тока насыщения (диод с тонкой базой).
4. Вольт-амперная характеристика $p-n$ -перехода в случае генерации и рекомбинации носителей в области пространственного заряда (модель Са-Нойса-Шокли) при прямом и обратном смещении.
5. Вольт-амперная характеристика $p-n$ -перехода при высоком уровне инжекции (учет эффектов модуляции проводимости и рекомбинации в сильном тянущем электрическом поле). Вольт-амперная характеристика $p-i-n$ -диода.
6. Диод при высоких обратных напряжениях (лавинный, туннельный и тепловой пробой).

Ударная ионизация и лавинный механизм пробоя. Коэффициенты ударной ионизации, их связь с зонной структурой полупроводника и зависимость от напряженности электрического поля. Коэффициенты умножения. Методы определения коэффициентов ударной ионизации. Влияние температуры на напряжение лавинного пробоя. Пробой неплоского $p-n$ -перехода. Микроплазмы. Методы защиты $p-n$ -переходов от пробоя (охранные кольца, фаски). Стабилитроны, их основные характеристики.
7. Туннельный механизм пробоя $p-n$ -перехода. Вероятность туннелирования электрона из валентной зоны в зону проводимости в сильном электрическом поле. Обратная ветвь вольт-амперной характеристики при туннельном пробое $p-n$ -перехода. Влияние температуры на напряжение туннельного пробоя.
8. Туннельный диод. Вольт-амперная характеристика туннельного диода. Туннелирование с участием фононов и примесей в непрямозонных полупроводниках. Туннельная спектроскопия. Избыточные токи в туннельных диодах. Выбор материалов и уровня легирования туннельных диодов.

Обращенные диоды. Параметр нелинейности вольт-амперной характеристики обращенного диода. Быстродействие приборов, использующих туннельный эффект, и их применение в СВЧ-электронике.
9. Гетеропереходы и варизонные структуры. Энергетическая диаграмма гетероперехода. Факторы, влияющие на величину разрыва зон. Односторонний характер инжекции в гетеропереходе. Подбор гетеропереходных пар.

Низкоразмерные структуры. Одиночные квантовые ямы и сверхрешетки, качественное описание их электронного спектра. Приборы на основе этих структур: резонансно-туннельный диод.

10. Контакт металл-полупроводник, его энергетическая диаграмма. Барьер Шоттки и факторы, определяющие его высоту. Роль поверхностных состояний. Вольт-амперная характеристика барьера Шоттки (модель термоэлектронной эмиссии). Термополевая и полевая эмиссия. Создание омических контактов. Быстродействие диодов Шоттки.

11. $p-n$ -переход на переменном токе. Реакция тонкого $p-n$ -перехода на малый переменный сигнал. Зарядовая (барьерная) емкость $p-n$ -перехода, ее зависимость от напряжения. Емкостная спектроскопия полупроводников. Варикапы и варакторы, их применение.

Диффузионная емкость. Реакция $p-n$ -перехода на ступенчатое изменение напряжения. Переходные процессы при включении и выключении тока и напряжения на диоде. Время восстановления и его связь с характеристиками неравновесных носителей. Послеинжекционная э.д.с. Диоды с накоплением заряда.

12. Метод емкостной спектроскопии глубоких уровней (DLTS) и его применение для определения параметров рекомбинационных центров в полупроводниках.

Основная литература

1. А.И. Лебедев. Физика полупроводниковых приборов. М., Физматлит, 2008, 488 с.
2. М. Шур. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х книгах. М., Мир, 1992.
3. С. Зи. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х книгах. М., Мир, 1984.