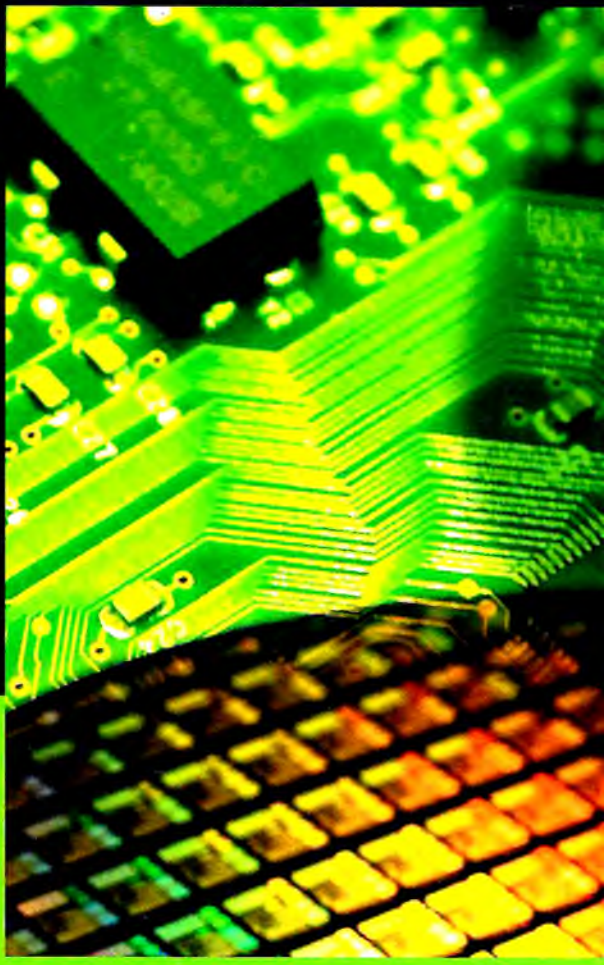
В. А. СМИРНОВ
О. В. ШУВАЕВА

ЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ



2-е издание

«Инфра-Инженерия»

Оглавление

Принятые обозначения и сокращения 7
Введение 9

ГЛАВА 1. ЭЛЕМЕНТЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ 11
1.1. Кристаллические структуры материалов 11
1.2. Типы химической связи в кристаллических структурах 15
1.3. Дефекты кристаллического строения материалов 18
1.4. Полупроводниковые материалы 20
1.5. Модель Друде – Лоренца электропроводности металлов 22
Литература к главе 1 28

ГЛАВА 2. ЭЛЕМЕНТЫ АТОМНОЙ И КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ 29
2.1. Принцип неопределенности Гейзенберга, уравнение Шредингера 29
2.2. Прохождение частицы через потенциальный барьер 31
2.3. Частица в прямоугольной потенциальной яме 36
2.4. Квантовая теория атома водорода. Энергетические уровни. Квантовые числа 38
2.5. Магнитные свойства вещества. Ядерный и электронный магнитный резонанс 47
2.6. Расщепление энергетических уровней в кристалле. Понятие об энергетических зонах. Основные положения зонной теории твердого тела 51
2.7. Волновой вектор. Зависимость энергии электрона от волнового вектора. Зоны Бриллюэна. Структура энергетических зон 61
2.8. Понятие эффективной массы 65
2.9. Квантовый гармонический осциллятор, понятие фонона 66
Литература к главе 2 71

ГЛАВА 3. СТАТИСТИКА ЭЛЕКТРОНОВ И ДЫРОК В ПОЛУПРОВОДНИКАХ 73
3.1. Функция распределения электронов по состояниям. Уровень Ферми 73

3.2. Концентрация электронов и дырок в собственном полупроводнике. Уровень Ферми в собственном полупроводнике 77
3.3. Концентрация электронов и дырок в примесных полупроводниках 78
3.4. Движение носителей заряда в полупроводниках 80
Литература к главе 3 84

ГЛАВА 4. КОНТАКТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В МЕТАЛЛАХ И ПОЛУПРОВОДНИКАХ 85
4.1. Работа выхода. Контактная разность потенциалов 85
4.2. Переходы металл – полупроводник 88
4.3. Переходы между полупроводниками p-типа и n-типа 94
4.3.1. Виды p-n-переходов 94
4.3.2. Контактная разность потенциалов в p-n-переходе, характеристики потенциального барьера 94
4.3.3. Статическая вольт-амперная характеристика p-n-перехода 99
4.3.4. Пробой p-n-перехода 105
4.3.5. Динамические характеристики p-n-перехода. Барьерная и диффузионная емкость p-n-перехода 110
4.4. Переходы между полупроводниками с собственной и примесной проводимостью, между полупроводниками с одним типом проводимости и различной концентрацией примеси 114
4.5. Гетеропереходы 115
Литература к главе 4 118

ГЛАВА 5. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ ГРУППЫ ДИОДОВ 119
5.1. Общие сведения о приборах группы диодов 119
5.2. Выпрямительные диоды, импульсные диоды, диоды с накоплением заряда 119
5.3. P-i-n-диоды 125
5.3.1. Структура и принцип действия p-i-n-диода 125
5.3.2. Ток рекомбинации p-i-n-диода 128
5.3.3. Ток p-i-n-диода в режиме низкого уровня инжекции 129
5.3.4. Ток p-i-n-диода в режиме высокого уровня инжекции 129
5.4. Стабилитроны, стабисторы, лавинные диоды, шумовые диоды 132
5.5. Туннельные и обращенные диоды 134

5.6. Варикапы 140
5.7. Лавинно-пролетные диоды 141
5.8. Диоды Ганна 146
5.9. Фотодиоды 151
5.10. Светоизлучающие диоды 155
5.11. Фоторезисторы 161
Литература к главе 5 163

ГЛАВА 6. БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ 165
6.1. Структура и принцип действия биполярного транзистора 165
6.2. Математическая модель идеализированного транзистора 170
6.3. Понятие о схемах включения биполярного транзистора 173
6.4. Динамические характеристики биполярного транзистора 174
6.5. Параметры биполярного транзистора в режиме малого сигнала 176
6.6. Однопереходные транзисторы 181
Литература к главе 6 183

ГЛАВА 7. ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ 184
7.1. Общие сведения о полевых транзисторах.
Виды полевых транзисторов 184
7.2. Полевые транзисторы с p-n-переходом 185
7.2.1. Структура и принцип действия полевых транзисторов
с p-n-переходом 185
7.2.2. Динамические характеристики полевых транзисторов
с p-n-переходом 190
7.3. Полевые транзисторы с изолированным затвором 191
7.3.1. Структура и характеристики МДП-конденсатора 191
7.3.2. Структура и принцип действия полевых транзисторов
с изолированным затвором 201
7.4. Характеристики полевых транзисторов 203
7.5. Элементы памяти на основе полевых транзисторов 205
Литература к главе 7 207

ГЛАВА 8. ТИРИСТОРЫ 208
8.1. Общие сведения о тиристорах 208
8.2. Структура и принцип действия тиристора 209

8.3. Динамические характеристики тиристоров 217
Литература к главе 8 218

ГЛАВА 9. БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ
С ИЗОЛИРОВАННЫМ ЗАТВОРОМ 219
9.1. Общие сведения о биполярных транзисторах
с изолированным затвором 219
9.2. Структура и принцип действия биполярных транзисторов
с изолированным затвором 220
9.3. Характеристики биполярных транзисторов
с изолированным затвором 225
Литература к главе 9 227