

УДК 621.38:53(075.8)  
ББК 32.85:22.3я73  
Г52

**Глазачев А.В.**

Г52      Физические основы электроники: учебное пособие / А.В. Глазачев, В.П. Петрович; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 208 с.

В учебном пособии изложены физические процессы в полупроводниковых приборах, их основные свойства, характеристики и параметры, конструктивно-технологические особенности. Рассмотрена схемотехника усилительных каскадов, операционных усилителей, преобразовательных устройств средней и большой мощности.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника».

УДК 621.38:53(075.8)  
ББК 32.85:22.3я73

*Рецензенты*

Кандидат технических наук  
заместитель директора по научной работе  
обособленного подразделения НИИ АЭМ ТУСУРа  
*И.В. Целебровский*

Кандидат технических наук,  
доцент кафедры электроники и автоматики  
физических установок СТИ НИЯУ МИФИ  
*А.А. Филипас*

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2013  
© Глазачев А.В., Петрович В.П., 2013  
© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2013

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ .....	8
1.1. Энергетические уровни и зоны .....	8
1.2. Проводники, полупроводники и диэлектрики .....	9
1.3. Собственная электропроводность полупроводников .....	11
1.4. Распределение электронов по энергетическим уровням .....	14
1.5. Примесная электропроводность полупроводников .....	15
1.5.1. Донорные примеси .....	15
1.5.2. Акцепторные примеси .....	17
1.6. Процессы переноса зарядов в полупроводниках .....	19
1.6.1. Дрейф носителей заряда .....	19
1.6.2. Диффузия носителей заряда .....	20
1.7. Электрические переходы .....	22
1.7.1. Электронно-дырочный переход .....	22
1.7.2. Вентильное свойство $p-n$ -перехода .....	26
1.7.3. Вольт-амперная характеристика $p-n$ -перехода .....	30
1.7.4. Виды пробоев $p-n$ -перехода .....	32
1.7.5. Емкость $p-n$ -перехода .....	35
1.7.6. Контакт «металл–полупроводник» .....	37
1.7.7. Контакт между полупроводниками одного типа проводимости .....	39
1.7.8. Гетеропереходы .....	40
1.7.9. Свойства омических переходов .....	42
Контрольные вопросы и задания .....	44
2. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ .....	45
2.1. Общие сведения о диодах .....	45
2.2. Выпрямительные диоды .....	47
2.3. Импульсные диоды .....	57
2.4. Туннельные диоды .....	59
2.5. Обращенный диод .....	63
2.6. Диоды Шоттки .....	64
2.7. Варикапы .....	65
2.8. Стабилитроны .....	66
2.9. Стабисторы .....	69

2.10.	Применение полупроводниковых диодов .....	70
2.10.1.	Однофазная однополупериодная схема выпрямления .....	71
2.10.2.	Двухполупериодная схема выпрямления со средней точкой .....	75
2.10.3.	Однофазная мостовая схема .....	76
2.10.4.	Параметрический стабилизатор напряжения .....	78
	Контрольные вопросы и задания .....	80
3.	БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ .....	81
3.1.	Структура и основные режимы работы .....	81
3.2.	Физические процессы в биполярном транзисторе .....	84
3.3.	Схемы включения транзистора .....	87
3.3.1.	Схема с общей базой .....	88
3.3.2.	Схема с общим эмиттером .....	89
3.3.3.	Схема с общим коллектором .....	91
3.4.	Статические характеристики биполярного транзистора .....	94
3.4.1.	Статические характеристики для схемы с общей базой .....	95
3.4.2.	Статические характеристики для схемы с общим эмиттером .....	96
3.5.	Эквивалентные схемы транзистора .....	101
3.6.	Транзистор как линейный четырехполюсник .....	102
3.7.	Режимы работы транзистора .....	108
3.8.	Предельные режимы работы транзистора .....	110
3.9.	Расчет рабочего режима транзистора .....	111
3.10.	Динамические характеристики транзистора .....	114
3.11.	Режимы работы усилительных каскадов .....	117
3.11.1.	Режим класса <i>A</i> .....	117
3.11.2.	Режим класса <i>B</i> .....	118
3.11.3.	Режим класса <i>AB</i> .....	120
3.11.4.	Режим класса <i>C</i> .....	122
3.11.5.	Режим класса <i>D</i> .....	123
3.12.	Влияние температуры на работу усилительных каскадов .....	128
3.12.1.	Схема эмиттерной стабилизации .....	129
3.12.2.	Схема коллекторной стабилизации .....	130
3.13.	Составной транзистор .....	131
3.14.	Усилители постоянного тока .....	133
3.14.1.	Дифференциальные усилители .....	134
3.14.2.	Операционный усилитель .....	136
3.14.3.	Схемотехника операционных усилителей .....	137
3.14.4.	Основные схемы на операционных усилителях .....	138
	Контрольные вопросы и задания .....	143

4. ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ .....	144
4.1. Полевой транзистор с управляющим $p-n$ -переходом .....	144
4.2. Схемы включения полевых транзисторов .....	147
4.3. Статические характеристики полевых транзисторов .....	147
4.4. Основные параметры полевых транзисторов .....	149
4.5. Полевые транзисторы с изолированным затвором .....	150
4.5.1. Полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом .....	151
4.5.2. Транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом .....	153
4.5.3. Сравнение МДП- и биполярного транзистора .....	155
4.6. Комбинированные транзисторы .....	158
Контрольные вопросы и задания .....	161
5. ТИРИСТОРЫ .....	162
5.1. Динисторы .....	162
5.2. Триодные тиристоры .....	165
5.2.1. Способы запираания тиристоров .....	169
5.2.2. Запираемые тиристоры .....	171
5.3. Симметричные тиристоры .....	172
5.4. Основные параметры тиристоров .....	174
5.5. Применение тиристоров .....	175
5.5.1. Управляемые выпрямители .....	175
5.5.2. Регуляторы переменного напряжения .....	177
Контрольные вопросы и задания .....	179
6. ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ .....	180
6.1. Фотоэлектрические приборы на основе внешнего фотоэффекта ..	181
6.1.1. Фотоэлементы .....	182
6.1.2. Фотоэлектронные умножители .....	184
6.2. Фотоэлектрические приборы на основе внутреннего фотоэффекта .....	186
6.2.1. Фоторезисторы .....	186
6.2.2. Фотодиоды .....	189
6.2.3. Фототранзисторы .....	195
6.2.4. Фототиристоры .....	196
6.3. Светодиоды .....	197
6.4. Оптоэлектронные устройства .....	205
Контрольные вопросы и задания .....	206
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	207