

## Spis treści

<b>Wstęp</b> .....	7
<b>1. WŁAŚCIWOŚCI PÓŁPRZEWODNIKÓW</b> .....	9
1.1. Struktura i właściwości elementarnych półprzewodników .....	9
1.2. Półprzewodniki domieszkowane .....	19
1.3. Termodynamika systemów elektronów i dziur w półprzewodnikach .....	23
1.4. Półprzewodnik w stanie nierównowagi termodynamicznej .....	25
1.5. Przewodnictwo półprzewodników .....	30
1.6. Mechanizmy transportu nośników .....	34
1.7. Wbudowane pole elektryczne .....	37
1.8. Podstawowe równania półprzewodników .....	38
1.9. Szumy w półprzewodnikach .....	42
Literatura .....	45
<b>2. ZJAWISKA KONTAKTOWE</b> .....	47
2.1. Prąd termoemisyjny .....	47
2.2. Kontakt metal-półprzewodnik (m-s) .....	48
2.3. Złącze $p^+-n$ .....	54
2.4. Heterozłącza .....	63
2.5. Kondensator MOS .....	65
Literatura .....	75
<b>3. DIODY</b> .....	77
3.1. Model diody złączonej $p^+-n$ .....	77
3.2. Równanie rzeczywistej diody złączonej $p^+-n$ .....	79
3.3. Parametry diody prostowniczej .....	82
3.4. Pojemności złącza $p^+-n$ – diody pojemnościowe .....	83
3.5. Modele małosygnałowe diody .....	89
3.6. Efekty dynamiczne przełączania diody $p^+-n$ .....	93
3.7. Diody stabilizacyjne .....	98
3.8. Diody tunelowe .....	101
3.9. Parametry termiczne diody .....	104

3.10. Szumy w diodach .....	108
3.11. Modele komputerowe diody .....	109
3.12. Diody Schottky'ego .....	114
Literatura .....	119
<b>4. TRANZYSTORY BIPOLARNE .....</b>	<b>121</b>
4.1. Budowa i działanie tranzystorów bipolarnych .....	121
4.1.1. Struktury złączowe i prądy w tranzystorach .....	121
4.1.2. Konfiguracje i stany pracy tranzystora .....	125
4.2. Charakterystyki napięciowo-prądowe .....	127
4.2.1. Model Ebersa–Molla .....	127
4.2.2. Charakterystyki tranzystora w konfiguracji OE .....	131
4.2.3. Model transportowy tranzystora .....	133
4.3. Parametry i modele małosygnalowe tranzystorów bipolarnych .....	135
4.3.1. Definicje podstawowe .....	135
4.3.2. Określenie punktu pracy tranzystora .....	135
4.3.3. Tranzystor jako czwórnik aktywny .....	136
4.3.4. Model typu hybryd- $\pi$ dla konfiguracji OE .....	140
4.3.5. Model typu hybryd- $\pi$ dla konfiguracji OB .....	143
4.3.6. Hybrydowe parametry typu h tranzystora .....	145
4.3.7. Częstotliwości graniczne tranzystora .....	147
4.3.8. Użytkowe parametry małosygnalowe tranzystora w układzie elektronicznym .....	151
4.4. Przelącanie tranzystora .....	152
4.4.1. Warunki pracy tranzystora jako przełącznika .....	152
4.4.2. Równanie kontrolne ładunku bazy .....	156
4.4.3. Tranzystor zintegrowany z diodą Schottky'ego .....	158
4.5. Narazenia napięciowe tranzystorów .....	159
4.6. Szumy tranzystorów bipolarnych .....	161
4.7. Fizyczne i komputerowe modele tranzystorów bipolarnych .....	164
4.7.1. Założenia wstępne do modelu Gummela–Poona .....	164
4.7.2. Prąd transportowy tranzystora .....	166
4.7.3. Model Gummela–Poona w SPICE (model SGP) .....	172
4.7.4. Efekty cieplne i model termiczny tranzystora bipolarnego .....	180
4.8. Bipolarne tranzystory mocy .....	186
Literatura .....	188
<b>5. TRANZYSTORY POLOWE .....</b>	<b>190</b>
5.1. Zasada działania i podział tranzystorów polowych .....	190
5.2. Złączowy tranzystor polowy JFET i jego modele .....	193
5.2.1. Warunki pracy tranzystora n-JFET jako wzmacniacza .....	198
5.2.2. Parametry małosygnalowe tranzystora JFET .....	201
5.2.3. Ograniczenia częstotliwościowe i częstotliwość odcięcia .....	203

5.3. Szумы w tranzystorach JFET .....	204
5.4. Model komputerowy tranzystora JFET w SPICE/PSpice .....	205
5.5. Tranzystor polowy z izolowaną bramką (MOSFET) i jego modele .....	208
5.5.1. Wielkosygnalowy model zastępczy tranzystora MOSFET .....	211
5.5.2. Małosygnalowy model tranzystora MOSFET .....	212
5.6. Małosygnalowy admitancyjny schemat zastępczy tranzystorów polowych .....	217
5.7. Szумы w tranzystorach MOSFET .....	218
5.8. Modele komputerowe tranzystorów MOSFET .....	219
5.9. Tranzystory polowe MOSFET dużej mocy .....	224
5.10. Porównanie tranzystorów polowych MOSFET z tranzystorami bipolarnymi .....	230
Literatura .....	232
<b>6. PRZYRZĄDY OPTOELEKTRONICZNE .....</b>	<b>233</b>
6.1. Absorpcja światła w półprzewodnikach – fotodetektory .....	233
6.1.1. Fotorezystory .....	239
6.1.2. Fotodiody .....	241
6.1.3. Fototranzystory .....	245
6.2. Przyrządy fotowoltaiczne .....	246
6.3. Diody elektroluminescencyjne .....	251
6.4. Diody laserowe .....	257
6.5. Parametry energetyczne i świetlne .....	263
Literatura .....	267
<b>7. TYRYSTORY I TRIAKI .....</b>	<b>268</b>
7.1. Budowa i działanie tyrystora .....	268
7.2. Triaki .....	276
7.3. Struktury tyrystorowe V-MOS i D-MOS .....	277
Literatura .....	281
<b>8. PÓLPRZEWODNIKOWE PRZYRZĄDY ŁADUNKOWE .....</b>	<b>282</b>
8.1. Kondensatory MOS w strukturze CCD .....	282
8.2. Efekty dynamiczne i transfer ładunku w CCD .....	284
8.3. Sensory optyczne CCD .....	288
Literatura .....	291
<b>9. PRZYRZĄDY TERMIELEKTRYCZNE .....</b>	<b>292</b>
9.1. Termoprądy w półprzewodnikach .....	292
9.1.1. Zjawisko Seebecka .....	294
9.1.2. Zjawisko Peltiera .....	297
9.1.3. Parametry termoelektryczne materiałów .....	299
9.1.4. Efekt Thomsona .....	302

9.2. Półprzewodnikowe przyrządy termoelektryczne .....	304
9.2.1. Generator termoelektryczny .....	306
9.2.2. Chłodziarki termoelektryczne .....	310
Literatura .....	313
10. SYMBOLE, INDEKSY I OZNACZENIA PRZYRZĄDÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH .....	314