

SPIS TREŚCI

	Str.
Wykaz najważniejszych symboli	9

1. Fizyczne podstawy działania tranzystorów

1.1. Wstęp	15
1.2. Model pasmowy, rodzaje przewodnictwa i przewodność półprzewodnika	16
1.2.1. Model pasmowy półprzewodnika	16
1.2.2. Rodzaje przewodnictwa	18
1.2.3. Przewodność półprzewodnika	25
1.3. Dyfuzja, rekombinacja i ruchliwość nośników	27
1.3.1. Dyfuzja i rekombinacja nośników	27
1.3.2. Ruchliwość nośników	29
1.4. Nośniki mniejszościowe, wprowadzanie nośników	31
1.5. Przejście $p-n$ i jego właściwości	32
1.6. Styk punktowy i jego właściwości	36
1.7. Warstwa zaporowa i jej własności	40
1.8. Wpływ temperatury na własności półprzewodnika	43

2. Tranzystory warstwowe

2.1. Zasada działania tranzystorów warstwowych	45
2.2. Konstrukcja i technologia tranzystorów warstwowych	46
2.2.1. Tranzystory wyciągane	47
2.2.2. Tranzystory stopowe	50
2.2.3. Tranzystory warstwowe dyfuzyjne	53
2.2.4. Tranzystory warstwowe otrzymywane sposobem elektrochemicznym	54
2.3. Podstawowe parametry tranzystora warstwowego	55
2.4. Tranzystory warstwowe przy wielkiej częstotliwości	63
2.5. Zestawienie najbardziej charakterystycznych parametrów tranzystorów warstwowych różnego typu	66
2.6. Wpływ temperatury na pracę tranzystora warstwowego	66
2.7. Projektowanie tranzystorów warstwowych	69
2.7.1. Uwagi ogólne	69
2.7.2. Tranzystory warstwowe wyciągane	72
2.7.3. Tranzystory stopowe	73
2.7.4. Tranzystory o konstrukcji specjalnej	75
2.7.4.1. Tranzystory warstwowe typu $p-n-i-p$ (lub $n-p-i-n$)	75
2.7.4.2. Tetrody warstwowe	77
2.7.4.3. Tranzystory otrzymywane sposobem elektrochemicznym	78

	Str.
3. Tranzystory ostrzowe	
3.1. Zasada działania tranzystorów ostrzowych	78
3.2. Konstrukcja i technologia tranzystorów ostrzowych	80
3.3. Podstawowe parametry tranzystora ostrzowego	85
3.4. Wpływ wielkiej częstotliwości na parametry tranzystora ostrzowego	91
3.5. Zestawienie charakterystycznych parametrów różnego typu tranzystorów ostrzowych	92
3.6. Wpływ temperatury na pracę tranzystora ostrzowego	93
3.7. Projektowanie tranzystorów ostrzowych	94
4. Układy zastępcze tranzystora	
4.1. Tranzystor jako czwórnik	97
4.2. Układ zastępczy typu odwrócone π	100
4.3. Układy zastępcze typu T	100
4.4. Układy zastępcze typu T tranzystora	101
4.4.1. Układ zastępczy typu T tranzystora przy połączeniu o wspólnej bazie (WB)	102
4.4.2. Układ zastępczy typu T tranzystora przy połączeniu o wspólnym emiterze (WE)	103
4.4.3. Układ zastępczy typu T tranzystora przy połączeniu o wspólnym kolektorze (WK)	105
4.5. Inne układy zastępcze czwórnika i tranzystora	106
5. Tranzystory we wzmacniaczach małej częstotliwości	
5.1. Uwagi ogólne	112
5.2. Charakterystyczne parametry układów tranzystorowych	112
5.2.1. Układ tranzystorowy jako czwórnik typu T	113
5.2.2. Układ tranzystorowy jako czwórnik typu π	115
5.3. Charakterystyczne wielkości układu WB	116
5.4. Charakterystyczne wielkości układu WE	120
5.5. Charakterystyczne wielkości układu WK	122
5.6. Interpretacja graficzna zależności podanych w pktach 5.3, 5.4 i 5.5	126
5.7. Warunek stabilności układu tranzystorowego	135
5.8. Porównanie układów z tranzystorami warstwowymi i ostrzowymi	139
6. Wzmacniacze jedno- i wielostopniowe małej częstotliwości	
6.1. Wstęp	141
6.2. Wzmacniacze oporowe	142
6.3. Wzmacniacze transformatorowe	147
6.4. Kaskadowe połączenia tranzystorów	150
6.5. Zasilanie w układach tranzystorowych i kompensacja wpływu temperatury	150
6.5.1. Uwagi ogólne	150
6.5.2. Stabilizacja pojedynczego stopnia	151
6.5.3. Stabilizacja układu dwustopniowego	156
6.6. Wzmacniacze prądu stałego	160

	Str.
7. Wzmacniacze mocy	
7.1. Ogólna charakterystyka wzmacniaczy mocy	165
7.2. Analiza pracy wzmacniacza mocy w klasie A	169
7.3. Analiza pracy wzmacniacza klasy B	171
7.4. Wpływ temperatury na pracę wzmacniaczy mocy	174
8. Wpływ częstotliwości na charakterystyczne parametry tranzystora i układu tranzystorowego	
8.1. Ogólna charakterystyka zagadnienia	176
8.2. Zależność parametrów tranzystora od częstotliwości	177
8.2.1. Zależność współczynnika α od częstotliwości	177
8.2.2. Zależność oporności r_k i pojemności C_k od częstotliwości	184
8.3. Zależność parametrów układu tranzystorowego o wspólnej bazie od częstotliwości	187
8.3.1. Impedancja wejściowa	189
8.3.2. Impedancja wyjściowa	191
8.3.3. Współczynnik wzmocnienia napięciowego	193
8.3.4. Współczynnik wzmocnienia mocy	194
8.4. Zależność parametrów układu tranzystorowego o wspólnym emiterze od częstotliwości	196
8.4.1. Impedancja wejściowa	197
8.4.2. Impedancja wyjściowa	199
8.4.3. Współczynnik wzmocnienia prądowego	200
8.4.4. Współczynnik wzmocnienia napięciowego	202
8.4.5. Współczynnik wzmocnienia mocy	203
8.5. Zależność parametrów układu tranzystorowego o wspólnym kolektorze od częstotliwości	204
8.5.1. Impedancja wejściowa	204
8.5.2. Impedancja wyjściowa	205
8.5.3. Wzmocnienie prądowe	206
8.5.4. Wzmocnienie napięciowe	206
8.5.5. Wzmocnienie mocy	207
8.6. Wpływ układu na częstotliwość graniczną	208
8.7. Szczególne rozwiązania konstrukcyjne tranzystorów o małej oporności	211
8.7.1. Tetrody warstwowe	211
8.7.2. Tranzystory stopowe o małej oporności	213
8.8. Warunki stabilności wzmacniaczy wielkiej częstotliwości	213
9. Wzmacniacze wielkiej częstotliwości	
9.1. Ogólna charakterystyka tranzystorowych wzmacniaczy wielkiej częstotliwości	216
9.2. Rezonansowe wzmacniacze tranzystorowe wielkiej częstotliwości	218
9.3. Wzmacniacze tranzystorowe wielkiej częstotliwości z filtrami pasmowymi	222
9.4. Wzmacniacze szerokopasmowe (dolnoprzepustowe)	227
9.4.1. Charakterystyka ogólna	227
9.4.2. Obliczanie dolnej częstotliwości pasma wzmacniaczy szerokopasmowych	228
9.4.3. Obliczanie górnej częstotliwości pasma wzmacniaczy szerokopasmowych	229

	Str.
9.4.3.1. Układ z kompensacją za pomocą szeregową indukcyjności	230
9.4.3.2. Układ z kompensacją za pomocą równoległej indukcyjności	232
9.4.3.3. Układ z kompensacją mieszaną	233
9.4.3.4. Przykłady wzmacniaczy szerokopasmowych dolnoprzepustowych	234

10. Generatory

10.1. Charakterystyka ogólna	235
10.2. Generatory z czystą opornością ujemną	236
10.2.1. Generatory o oporności ujemnej występującej na zaciskach emiter — baza	237
10.2.2. Generatory o oporności ujemnej na zaciskach kolektor — baza	239
10.2.3. Generatory o oporności ujemnej na zaciskach baza — emiter	240
10.3. Generatory o sprzężeniu za pomocą zewnętrznej pętli	241
10.4. Stałość częstotliwości generatorów tranzystorowych	245
10.5. Generatory tranzystorowe stabilizowane piezoelektrycznie	247
10.6. Generatory przebiegów odkształconych z tranzystorami ostrzowymi	249
10.6.1. Generatory samowzbudne	250
10.6.2. Generatory jednostanowe	254
10.6.3. Generatory dwustanowe	256
10.6.4. Generatory relaksacyjne	259
10.7. Generatory przebiegów odkształconych z tranzystorami warstwowymi	259

11. Szumy tranzystorów

11.1. Fizyczne przyczyny powstawania szumów	262
11.1.1. Szumy w pałeczce półprzewodnikowej	262
11.1.2. Szumy w tranzystorze	264
11.2. Charakterystyki szumów w tranzystorach ostrzowych i warstwowymi	265
11.3. Współczynniki szumów układów tranzystorowych	269

12. Stany nieustalone

12.1. Równanie dyfuzji	273
12.2. Układ zastępczy tranzystora dla stanów nieustalonych	277
12.3. Stany nieustalone w układach tranzystorowych w zakresie dużych amplitud	283

13. Zasada dwoistości oraz analogie między układami tranzystorowymi i lampowymi

13.1. Charakterystyka ogólna	287
13.2. Zastosowanie rachunku macierzy do układów tranzystorowych	293
13.2.1. Zastosowanie rachunku macierzy do czwórników	293
13.2.2. Zastosowanie rachunku macierzowego do tworzenia analogii i równoważnych układów lampowo — tranzystorowych	301

14. Ujemne sprzężenie zwrotne w układach tranzystorowych

15. Miernictwo tranzystorowe

	Str.
15.1. Charakterystyka ogólna	308
15.2. Pomiar właściwości elektrycznych materiałów półprzewodnikowych używanych na tranzystory	308
15.2.1. Pomiar oporności właściwej	308
15.2.2. Pomiar czasu życia nośników prądu	311
15.2.3. Pomiar ruchliwości nośników prądu	313
15.3. Pomiar elektrycznych parametrów tranzystorów	316
15.3.1. Określanie parametrów r_e , r_b , r_k i a przy małych częstotli- wościach za pomocą charakterystyk statycznych tranzystora	317
15.3.2. Pomiar oporności r_k , $r_k(1-a)$, r_b , r_e , a i b przy małych często- tliwościach za pomocą woltomierza lub miliwoltomierza lampo- wego	319
15.3.2.1. Pomiar oporności r_b i r_e	319
15.3.2.2. Pomiar oporności r_k i $(r_k - r_m)$	320
15.3.2.3. Pomiar oporności wejściowej r_{wej} i wyjściowej r_{wyj}	322
15.3.2.4. Pomiar współczynnika a i b	322
15.3.2.5. Pomiar pojemności kolektora C_k	324
15.3.3. Pomiar parametrów tranzystora za pomocą metod mostkowych	326
15.3.3.1. Mostek do pomiaru charakterystycznych impedancji tran- zystorów	326
15.3.3.2. Mostek do pomiaru parametrów macierzy admitancji tranzystora w szerokim zakresie częstotliwości	329
15.3.4. Pomiar częstotliwości granicznej f_{α}	332
15.3.5. Pomiar współczynnika szumów tranzystora	333
15.3.6. Metody oscyloskopowe badania właściwości elektrycznych tran- zystorów	334
15.3.6.1. Charakterografy tranzystorowe	334
15.3.6.2. Alfametry	337

16. Zastosowanie tranzystorów

16.1. Urządzenia radioodbiorcze	338
16.2. Wzmacniaki i odtłumiki	345
16.3. Tranzystory w maszynach matematycznych	349
16.4. Inne zastosowania tranzystorów	352

17. Trwałość tranzystorów

18. Specjalne typy tranzystorów

18.1. Tranzystory wieloelektrodowe	360
18.1.1. Tranzystory o dwóch połączeniach z bazą	361
18.1.2. Tranzystory o wielokrotnych emiterach i kolektorach	362
18.1.3. Tranzystory o powielaniu elektronowym (pułapki $p-n$)	362
18.2. Tranzystory sterowane polem elektrycznym	364
18.3. Fototranzystory	366

19. Wykaz typów tranzystorów

Wykaz literatury	371
Wykaz pojęć	377