

OBSAH

Předmluva (<i>Ing. Miloš Rothbauer, Ing. Karel Vařecha, CSc.</i>)	11
Seznam použitých symbolů	15
1. Úvod do mikrovlnné techniky (<i>Ing. Pavel Bezoušek</i>)	21
1.1. Druhy homogenních vedení	23
1.2. Veličiny charakterizující mikrovlnné obvody	27
1.3. Přehled důležitých univerzálních lineárních mikrovlnných obvodů	29
2. Varaktory (<i>Ing. Miloš Rothbauer, Ing. Kristian Bílý, Ing. Pavel Bezoušek, Ing. Karel Vařecha, CSc.</i>)	32
2.1. Úvod	32
2.2. Základní teorie varaktoru	34
Přechod PN	34
Kapacita přechodu PN	36
Sériový odpor	39
2.3. Varaktor pro parametrický zesilovač	42
Náhradní schéma	42
Šum a mezní kmitočet	43
2.4. Varaktor pro násobič kmitočtu (SRD)	46
Princip a funkce varaktoru SRD	46
Kapacita přechodu varaktoru SRD	47
Spínací časy — doba akumulace	48
Doba rozepnutí	50
2.5. Ladicí varaktor	51
Ladicí poměr	53
2.6. Konstrukce a technologie výroby varaktoru	54
Parametrické a ladicí varaktory s difundovaným přechodem PN	54
Varaktor se Schottkyho kontaktem	56
Varaktory SRD	58
2.7. Měření základních elektrických parametrů varaktoru	60
Voltampérová charakteristika	61
Kapacita přechodu	62
Spínací časy varaktoru SRD	63
2.8. Měření vysokofrekvenčních parametrů varaktorů	64
Metoda měření na sériovém rezonančním kmitočtu	66
Rezonátorové metody	68
2.9. Použití varaktorů v parametrických zesilovačích	69
Energetické vztahy na nelineární kapacitě	69

	Náhradní schéma nelineární kapacity	71
	Zisk zesilovače s varaktorem	72
	Šířka pásma zesilovače s varaktorem	72
	Šumové číslo zesilovače s varaktorem	73
	Měření parametrického zesilovače	74
	Měření zesílení a šířky pásma	76
	Měření bodu saturace a dynamického rozsahu	77
2.10.	Použití varaktorů v násobičích kmitočtu	78
	Parametrické násobiče kmitočtu	79
	Generátory krátkých impulsů	82
2.11.	Použití varaktorů k ladění oscilátorů	87
3.	Hrotové diody (<i>Ing. Karel Vařecha, CSc.</i>)	93
3.1.	Úvod	93
3.2.	Teorie a výpočet elektrických parametrů	93
3.3.	Poměr signálu k šumu	95
3.4.	Tangenciální citlivost	95
3.5.	Základní aspekty konstrukce diody	96
3.6.	Přetížení	97
3.7.	Použití	97
4.	Schottkyho diody (<i>Ing. Miloš Rothbauer, Ing. Karel Vařecha, CSc.</i>) ...	99
4.1.	Úvod	99
4.2.	Kontakt kov — polovodič	100
	Potenciálová bariéra	100
	Voltampérová charakteristika	105
	Náhradní schéma Schottkyho diody	107
4.3.	Schottkyho diody pro detektory	108
	Proudová a napěťová citlivost	109
	Tangenciální citlivost	113
4.4.	Schottkyho diody pro směšovače	115
	Šumové číslo	115
	Směšovací ztráty	116
	Šumový poměr	118
4.5.	Konstrukce a technologie Schottkyho diod	120
4.6.	Měření základních elektrických parametrů	123
	Měření přetžitelnosti	123
4.7.	Měření vysokofrekvenčních parametrů detektorů	124
	Měření proudové citlivosti	124
	Měření tangenciální citlivosti	125
	Výstupní odpor	126
4.8.	Měření vysokofrekvenčních parametrů směšovačů	128
	Směšovací ztráty	128
	Šumové číslo	131
	Šumový poměr	132
4.9.	Použití Schottkyho diod	133

5.	Průletové diody (<i>RNDr. Zdeněk Tomiak, Ing. Kristian Bílý, Ing. Pavel Bezoušek</i>)	136
5.1.	Úvod	136
5.2.	Teorie základních jevů	136
5.3.	Diody IMPATT	143
	Šum lavinových diod	149
	Technologie lavinových diod	151
5.4.	Měření vysokofrekvenčních parametrů lavinových diod	153
	Přímá metoda měření impedančních vlastností	155
	Substituční metoda měření impedančních vlastností	156
	Měření šumových vlastností	158
5.5.	Použití lavinových diod v oscilátorech	160
	Elementární teorie oscilátorů s diodami se záporným diferenciálním odporem	162
	Příklady volně běžících oscilátorů	165
	Oscilátory s větším počtem diod	166
	Stabilizace pracovního bodu oscilátoru	168
5.6.	Použití lavinových diod v zesilovačích výkonu	169
	Nekmitající zesilovače	169
	Injekčně synchronizované oscilátory	171
5.7.	Dioda BARITT	172
	Analýza pro malé signály	173
	Analýza pro velké signály	175
	Návrh diody BARITT	177
5.8.	Použití diod BARITT	178
	Oscilátory s diodou BARITT	179
	Samokmitající směšovače	180
5.9.	Polovodičová šumová dioda	182
	Zdroje šumu v lavinové diodě — návrh polovodičové šumové diody	182
	Technologie výroby lavinové šumové diody	186
5.10.	Použití polovodičových šumových diod	188
	Měření vysokofrekvenčních parametrů polovodičových šumových diod	189
	Příklady konstrukce generátorů šumu a jejich vlastnosti	191
6.	Diody PIN (<i>Ing. Kristian Bílý, Ing. Pavel Bezoušek</i>)	195
6.1.	Úvod	195
6.2.	Popis diody PIN	196
	Struktura diody PIN	196
	Vrstva I	197
	Náhradní schéma diody PIN	198
6.3.	Teorie a funkce diody PIN	199
	Dioda v přímém směru	200
	Chování diody PIN v přímém směru ve vysokofrekvenčním poli	203
	Dioda ve zpětném směru	205
	Dioda PIN ve zpětném směru ve vysokofrekvenčním poli	208

	Dynamické vlastnosti diod PIN — spínací časy	211
	Výkonové zatížení diody PIN	216
	Impulsový provoz s dlouhou dobou impulsu τ_{imp}	218
	Impulsový provoz s krátkými impulsy	219
6.4.	Technologie výroby diod PIN	221
	Tlustovrstvé diody PIN — pomalé	222
	Tenkovrstvé diody PIN — rychlé	224
6.5.	Měření základních elektrických parametrů	226
	Závěrné napětí U_R	226
	Celková kapacita C_T	226
	Sériový odpor R_s	226
	Měření minimální doby života minoritních nosičů	227
	Měření spínacích časů	228
	Tepelný odpor	228
6.6.	Měření vysokofrekvenčních parametrů diod PIN	230
6.7.	Použití diod PIN pro ovládání velkého výkonu	232
	Spínače velkého výkonu	235
	Přepínače a fázovače velkého výkonu	240
6.8.	Použití diod PIN pro omezování výkonu	243
	Omezovače velkého výkonu	245
	Omezovače malého výkonu	247
6.9.	Ovládání malého a středního výkonu	249
	Přepínače a spínače	249
	Zeslabovače	250
	Fázovače	250
	Modulátory	252
7.	Gunnovy diody (<i>RNDr. Zdeněk Tomiak, Ing. Pavel Bezoušek</i>)	255
7.1.	Úvod	255
7.2.	Teorie a funkce Gunnovy diody	255
7.3.	Výpočet základních parametrů	261
7.4.	Technologie Gunnových diod	264
7.5.	Měření koncentračního profilu	265
7.6.	Měření vysokofrekvenčních parametrů Gunnových diod	267
7.7.	Použití Gunnových diod v oscilátorech	269
	Vlastnosti a parametry oscilátorů s Gunnovými diodami	270
	Příklady konstrukce oscilátorů s Gunnovými diodami	271
	Oscilátory stabilizované dutinovým rezonátorem	273
	Oscilátory elektricky přeladitelné	276
	Stabilizace pracovního bodu Gunnových diod	284
7.8.	Zesilovače s Gunnovými diodami	285
8.	Tunelové diody (<i>Ing. Karel Vařecha, CSc.</i>)	289
8.1.	Úvod	289
8.2.	Teorie a funkce	289
8.3.	Technologie výroby tunelové diody	292

8.4.	Použití tunelových diod	293
	Zesilovače	295
	Šířka pásma zesilovače	295
	Šumové číslo zesilovače	296
	Oscilátory	297
9.	Mikrovlnné tranzistory (<i>Ing. Miloš Rothbauer, Ing. Karel Vařecha, CSc.</i>)	300
9.1.	Úvod	300
9.2.	Křemikový bipolární tranzistor	301
	Mezní kmitočet	301
	Fyzikální náhradní schéma	302
	Šumové vlastnosti	306
	Výchozí materiál pro výrobu tranzistoru	306
	Plošná geometrie tranzistoru	306
	Profil koncentrace příměsí	308
9.3.	Mikrovlnné tranzistory řízené elektrickým polem	310
	Základní principy provozu tranzistorů FET	310
	Základy teorie činnosti tranzistoru MESFET	313
	Náhradní schéma	317
	Vysokofrekvenční vlastnosti	319
	Šumové vlastnosti	322
	Konstrukce a technologie	324
9.4.	Měření vysokofrekvenčních parametrů mikrovlnných tranzistorů	327
	Fyzikální význam parametrů s	328
	Měření parametrů s	329
9.5.	Použití tranzistorů v zesilovačích s malým šumem	332
	Návrh úzkopásmového zesilovače	334
	Návrh širokopásmového zesilovače	335
	Stabilita obvodů s tranzistorem	336
	Šumové číslo	338
10.	Způsoby zapouzdření polovodičových součástek a jejich aplikace v mikrovlnných integrovaných obvodech (MIO) (<i>Ing. Miloš Rothbauer, Ing. Pavel Bezoušek, Ing. Kristian Bílý</i>)	342
10.1.	Úvod	342
10.2.	Pouzdrění mikrovlnných polovodičových součástek určených pro montáž do vlnovodů a koaxiálních vedení	343
	Pouzdrění diod	343
	Pouzdrění tranzistorů	349
	Tepelný odpor	350
	Měření tepelných odporů	351
	Měření tepelného odporu lavinových diod	353
10.3.	Uchycení součástek v koaxiálních a vlnovodových obvodech	354
	Uchycení diod v koaxiálních a páskových držácích	354
	Uchycení součástek ve vlnovodech	359

10.4.	Konstrukce polovodičových součástek pro mikrovlnné integrované obvody	360
	Polovodičové součástky pro mikrovlnné integrované obvody v pouzdech	364
	Kondenzátory MIS	366
10.5.	Měření a montáž polovodičových součástek do mikrovlnných integrovaných obvodů	367
	Měření čipů	367
	Montáž součástek do mikrovlnných integrovaných obvodů	368
10.6.	Příklady mikrovlnných integrovaných obvodů	369
	Směšovače	370
	Obvody s tranzistory	375