

Předmluva	9
Úvod	10
Hlavní použité znaky a symboly	12
I. Směry vývoje miniaturizace elektronických obvodů ve světě	15
1. Hybridní integrované obvody a jejich předchůdci	15
II. Vliv hybridních integrovaných obvodů na systémovou techniku a součástkovou základnu	20
2. Optimální volba technologie z hlediska systémových nároků a s přihlédnutím k racionálnímu způsobu výroby	20
3. Vliv hybridních integrovaných obvodů na systémovou techniku	21
4. Vliv hybridních integrovaných obvodů na součástkovou základnu	22
5. Zavádění hybridních integrovaných obvodů v zahraničí a v ČSSR	22
III. Tenké vrstvy — materiály, technologie a vlastnosti pasivních obvodových prvků, tenkovrstvé polovodičové součástky	24
6. Obecná charakteristika tenkých vrstev a tenkovrstvých integrovaných obvodů	24
7. Maskovací technika	26
7.1. Nanášení vrstev přes šablony	26
7.2. Nanášení vrstev přes masky	28
7.3. Technologie leptání vrstev	34
7.4. Odstraňování masek	40
7.5. Zhotovování obrazců bez kontaktních masek	41
8. Technologie vakuového vytváření tenkých vrstev	43
8.1. Vakuové naprašování	43
8.2. Katodové naprašování	59
8.3. Měření tloušťky tenkých vrstev	71
9. Podložky a jejich čištění	75
9.1. Materiály podložek	75
9.2. Rozměry podložek, jejich dělení a ceny	80
9.3. Vlastnosti podložek	80
9.4. Čištění podložek před nanášením tenkých vrstev	84
10. Tenké vrstvy a jejich obecné vlastnosti	85
10.1. Struktura a vlastnosti vakuově nanášených vrstev	85
10.2. Zvláštnosti vakuově připravovaných vrstev	87
10.3. Mechanické vlastnosti vrstev	87
10.4. Hodnocení tenkých vrstev	89
11. Tenkovrstvé vodiče a kontaktní struktury	89
12. Tenkovrstvé rezistory	91
12.1. Odporové vrstvy a jejich vlastnosti	91
12.2. Odporové vrstvy z čistých kovů a jejich slitin	93
12.3. Odporové vrstvy z těžko tavitelných a ušlechtilých kovů	99
12.4. Cermetové odporové vrstvy	105
12.5. Odporové vrstvy z polovodičových materiálů	108
13. Tenkovrstvé kondenzátory	108
13.1. Základní elektrické vlastnosti kondenzátorů	109
13.2. Dielektrika na bázi kyslíčků kovů	114
13.3. Dielektrika na bázi siřníků, fluoridů a nitridů	125
13.4. Dielektrika s velkou relativní permitivitou	127
13.5. Organická dielektrika	128

13.6.	Složená dielektrika	128
14.	Tenkovrstvé indukční cívky	130
15.	Křížení vodičů a vícevrstvé struktury	130
16.	Charakteristické postupy při zhotovování tenkovrstvých pasivních sítí	134
16.1.	Jednoduché sítě rezistorů napařované přes šablony	134
16.2.	Složitější obvody <i>RC</i> vyráběné kombinací fotolitografie a kovových šablon	134
16.3.	Obvody vyráběné fotolitografií	136
16.4.	Obvody <i>RC</i> na bázi tantalové technologie	137
17.	Tenkovrstvé polovodičové součástky	137
IV.	Tlusté vrstvy — materiály, technologie a vlastnosti pasivních částí tlustovrstvých obvodů	145
18.	Úvodní charakteristika tlustovrstvých hybridních integrovaných obvodů	145
19.	Technologie přípravy a zařízení pro zpracování vrstev	147
19.1.	Příprava sítotiskové pasty a kontrola jejích vlastností	147
19.2.	Sítotisk	148
19.3.	Výpal	150
20.	Sítotiskové šablony	153
21.	Podložky	162
21.1.	Materiály podložek	162
21.2.	Vlastnosti podložek	164
21.3.	Vícevrstvá keramika	166
21.4.	Rozměry podložek	167
22.	Vodivé vrstvy	167
22.1.	Materiály a vlastnosti vodivých vrstev	169
23.	Odporové vrstvy	175
23.1.	Materiály a vlastnosti odporových vrstev	178
24.	Dielektrické a izolační vrstvy	185
24.1.	Dielektrika pro křížení vodičů	185
24.2.	Dielektrika pro tlustovrstvé kondenzátory	189
24.3.	Ochrana tlustovrstvých součástek	193
24.4.	Těsnění a pouzdření	194
25.	Speciální pasivní a kvaziaktivní tlustovrstvé součástky	194
25.1.	Termistory	194
25.2.	Varistory	195
25.3.	Spínače ovládané teplotou	195
25.4.	Tlustovrstvé indukční cívky	196
25.5.	Tranzistor řízený elektrickým polem	196
26.	Koncepce vytváření pasivních částí hybridních integrovaných obvodů technikou tlustých vrstev	197
V.	Mikrovlonné integrované obvody — materiály, technologie a vlastnosti	201
27.	Úvodní charakteristika	201
28.	Podložky	202
28.1.	Požadavky na podložky	202
28.2.	Materiály podložek	204
29.	Funkční vrstvy	206
29.1.	Druhy vrstev a možnosti jejich vytváření	206
29.2.	Materiály pro funkční vrstvy	207
30.	Technologie vodivých a odporových vrstev	209
30.1.	Zhotovení fotomatrice	210
30.2.	Kontrola kvality a čištění podložek	210
30.3.	Nanášení tenkých vrstev	211
30.4.	Fotolitografický postup	211
30.5.	Galvanické zvětšování tloušťky	212
30.6.	Leptání	212
30.7.	Konečná kontrola zhotoveného obrazce	212
30.8.	Měření obvodových součástek	213
31.	Koncepce vytváření mikrovlánných integrovaných obvodů	213
31.1.	Základní vlastnosti mikropáskových vedení	214
31.2.	Pasivní obvodové součástky	216
VI.	Vsazovací součástky pro kompletování hybridních integrovaných obvodů a technika jejich montáže	219
32.	Vsazovací rezistory	219

33.	Vsazovací kondenzátory	221
33.1.	Tenkovrstvé vsazovací kondenzátory	222
33.2.	Keramické jednovrstvé vsazovací kondenzátory	224
33.3.	Monolitické vsazovací kondenzátory	227
33.4.	Vsazovací tantalové elektrolytické kondenzátory	231
33.5.	Nastavitelné vsazovací planární kondenzátory	235
34.	Vsazovací indukční součástky a transformátory	236
35.	Speciální vsazovací feromagnetické součástky	239
36.	Polovodičové vsazovací součástky	242
36.1.	Pouzdržené polovodičové součástky	246
36.2.	Polovodičové součástky na keramickém nebo plastovém nosiči	247
36.3.	Polovodičové součástky pro montáž volnými vodiči	250
36.4.	Polovodičové součástky pro líní montáž	250
36.5.	Polovodičové součástky s nosníkovými vývody	251
36.6.	Zhodnocení jednotlivých konstrukčních variant polovodičových vsazovacích součástek	252
37.	Vsazovací monolitické integrované obvody	253
VII.	Návrh a konstrukce hybridních integrovaných obvodů	256
38.	Úvod	256
39.	Převod elektrického zapojení do hybridního uspořádání	257
39.1.	Topologie obvodu	260
39.2.	Zhotovení předlohy	273
39.3.	Reprodukční postupy a zhotovení fotomatrie	275
39.4.	Masky a sitotiskové šablony	280
40.	Zhotovení pasivní části vrstevového integrovaného obvodu	280
41.	Opracování vrstev	280
41.1.	Opracování tenkých vrstev	282
41.2.	Opracování tlustých vrstev	286
42.	Technika připojování pasivních i aktivních vsazovacích součástek	292
42.1.	Připojení čipu k podložce	293
42.2.	Propojení elektrod čipu s kontaktní plochou hybridního integrovaného obvodu	299
43.	Kontrola pasivních i aktivních součástek po připojení a kontrola obvodových sítí	304
44.	Dokončovací operace	305
45.	Povrchová ochrana obvodů	306
45.1.	Pouzdrění do plastu	306
45.2.	Kovová pouzdra	308
45.3.	Keramická pouzdra	309
45.4.	Hermetizace pouzder	311
46.	Měření a kontrola při výrobě hybridních integrovaných obvodů	313
47.	Návrh hybridních integrovaných obvodů pomocí počítače	313
47.1.	Dávody a zásady návrhu obvodů počítačem	313
47.2.	Postup při návrhu hybridních integrovaných obvodů počítačem	316
48.	Zvláštnosti návrhu a konstrukce mikrovlnných integrovaných obvodů	318
VIII.	Spolehlivost a fyzika poruch hybridních integrovaných obvodů	321
49.	Požadavky a problémy spolehlivosti elektronických obvodů	321
50.	Předpoklady pro zlepšení spolehlivosti hybridních integrovaných obvodů	321
51.	Hodnocení spolehlivosti zákaznických obvodů	321
52.	Poruchy a jejich mechanismy	325
53.	Ovlivňování spolehlivosti při návrhu obvodu a při volbě materiálů a technologie	328
54.	Metodika zkušebnictví	331
55.	Dosahované odolnosti hybridních integrovaných obvodů	333
IX.	Příklady použití a konstrukce hybridních integrovaných obvodů	335
56.	Příklady využití technologie tenkých vrstev	335
56.1.	Rezistory a obvody RC	335
56.2.	Různě složitě funkční hybridní integrované obvody	337
56.3.	Integrované obvody s tenkovrstvými tranzistory	346
56.4.	Speciální použití tenkých vrstev	349
57.	Příklady využití technologie tlustých vrstev	350
57.1.	Použití tlustých vrstev v oblasti výkonových obvodů	350
57.2.	Obvody pro spotřební a průmyslovou elektroniku	351
58.	Příklady aplikací mikrovlnných integrovaných obvodů	360
58.1.	Nereciproké feritové součástky	360

58.2.	Obvody se vsazovacími polovodičovými součástkami	362
58.3.	Použití mikrovlnných integrovaných obvodů v systémech	362
X.	Speciální technologické postupy pro vytváření vrstev	365
59.	Přehled nejčastěji používaných metod vytváření tenkých a tlustých vrstev	365
60.	Nanášení vrstev metalizační (šopovací) pistolí	366
61.	Plazmatické nanášení vrstev a možnosti jeho použití	367
62.	Chemické metody vytváření vrstev	369
62.1.	Metoda chemické transportní reakce	369
62.2.	Metoda epitaxního růstu vrstev	371
62.3.	Příprava vrstev pyrolyticky z roztoků	371
62.4.	Příprava vrstev pyrohydrolyticky z roztoků	372
63.	Vytváření polymerových vrstev	373
XI.	Další perspektivy vývoje hybridních vrstevových obvodů	375
64.	Nástin očekávaného dalšího vývoje v oblasti hybridních integrovaných obvodů a tenkovrstvých tranzistorů	375
65.	Očekávaný vývoj v oblasti mikrovlnných integrovaných obvodů	377
66.	Magnetické a kryogenní vrstvy	378
67.	Využití vrstevových technologií v optických integrovaných obvodech	379
	Literatura	381
	Rejstřík	392