

OBSAH

I.	Úvod	9
II.	Výroba základního polovodičového materiálu	10
1.	Výskyt germania	10
2.	Chemická rafinace germania	11
3.	Způsoby přípravy a chemické rafinace křemíku	12
4.	Fyzikální metody čištění polovodičových materiálů	13
4.1	Směrové chlazení	15
4.2	Pásmové tavení	17
4.3	Pásmové tavení s gradientem teploty	21
4.4	Pásmová rafinace křemíku	21
5.	Výroba monokrystalů	22
5.1	Výroba monokrystalů tažením podle Czochralského	23
5.2	Metody dosažení rovnoměrného rozložení příměsí v monokrystalu	25
6.	Vytvoření přechodu p—n při tažení monokrystalu [1], [2], [3], [6]	29
6.1	Vytvoření přechodu p—n změnou koncentrace příměsí v tavenině	29
6.2	Vytvoření přechodu p—n využitím závislosti efektivních koeficientů rozdělování na podmínkách tažení	30
7.	Metody dosažení požadované koncentrace příměsí monokrystalu	31
8.	Dendritické krystaly germania	32
9.	Mechanické obrábění polovodičových materiálů	32
9.1	Řezání polovodičových materiálů [3], [6], [7], [8], [9]	32
9.2	Broušení germaniových a křemíkových desek	38
10.	Nové polovodičové materiály	39
III.	Vytváření přechodů p—n pro polovodičové diody a tranzistory	42
11.	Slitinové přechody	43
11.1	Rovnovážný diagram	43
11.2	Základní výpočty podle rovnovážného diagramu	47
11.3	Legující materiály	56
12.	Difúzní přechody	63
12.1	Difúzní rovnice	63

12.2	Difúze s konstantní povrchovou koncentrací příměsí	67
12.3	Difúze s konstantním celkovým množstvím difundující příměsí	68
12.4	Koeficient difúze	69
12.5	Výpočty pro jednoduchou difúzní strukturu	72
12.6	Výpočty pro vícenásobné difúzní struktury	77
12.7	Zdroje příměsí	81
12.8	Zařízení a technika difúze	82
13.	Vytváření přechodů epitaxním růstem polovodiče	84
13.1	Příprava epitaxních vrstev jodidovou metodou [59]	85
13.2	Metoda tepelného rozkladu chloridů	88
IV.	Vytváření ohmických kontaktů při výrobě polovodičových součástek	90
14.	Slitinové kontakty	90
15.	Kontakty vytvořené galvanickým nebo chemickým pokovením	90
15.1	Galvanické pokovování polovodičů	92
15.2	Chemické pokovování polovodičů	94
16.	Vakuové napařování v technologii polovodičových součástek	96
16.1	Tlaky par, rychlosti odpařování, střední volná dráha částic	97
16.2	Zařízení pro vakuové napařování	98
16.3	Metody vyhřívání odpařovaných materiálů	100
16.4	Iontové bombardování	101
16.5	Tloušťka napařené vrstvy	102
16.6	Některé zkušenosti s napařováním a sléváním napařených vrstev s germaniem a křemíkem	103
V.	Úpravy polovodičových desek a soustav s přechody chemickými a fyzikálně chemickými pochody	106
17.	Leptání polovodičových desek a soustav s přechody p—n	106
17.1	Leptání germaniových a křemíkových desek před vytvářením přechodů	110
17.2	Leptání soustav s přechody	111
17.21	Vliv povrchu na vlastnosti soustav s přechody p—n	111
17.22	Metody leptání soustav s přechody p—n	118
18.	Mytí v technologii polovodičových součástek	123
18.1	Deionizace vody	124
18.2	Technika mytí polovodičových součástek	125
19.	Povrchová ochrana a úprava soustav s přechody	128
19.1	Vlastnosti povrchu po oleptání a omytí	128
19.2	Úprava povrchu polovodičů po oleptání a omytí	132
19.3	Metody stabilizace povrchových vlastností	134
VI.	Pouzďení polovodičových součástek	138
20.	Pouzďení do kovových pouzder	139
20.1	Pouzďení pájením	140
20.2	Pouzďení studeným svarem	141
20.3	Pouzďení elektrickým svarem (odporovým svařováním)	143
20.4	Pouzďení temváním	144
20.5	Pouzďení zamačkáváním	144
21.	Pouzďení do celoskleněných pouzder	145
21.1	Pouzďení plamenem	145
21.2	Pouzďení vyhřívanou grafitovou plotýnkou	146
22.	Zvláštní metody pouzďení	147
22.1	Pouzďení pomocí umělých hmot	147
22.2	Pokrývání borosilikátovými skly	147

VII.	Metody čištění plynů tvořících ochranné prostředí při výrobě polovodičových součástek	148
23.	Odstraňování kyslíku z plyných prostředí	148
23.1	Katalyzátory	149
23.2	Měření obsahu kyslíku v plynech	149
24.	Vysoušení plynů	151
24.1	Sušicí prostředky	152
24.2	Metody měření vlhkosti plynů	153
VIII.	Přehled kontrolních metod	154
25.	Měření fyzikálních vlastností polovodičových materiálů	154
25.1	Měření měrného odporu polovodiče	155
25.2	Stanovení typu vodivosti polovodiče	157
25.3	Měření doby života minoritních nositelů proudu	158
25.4	Měření Hallový pohyblivosti	162
25.5	Měření driftové pohyblivosti	164
25.6	Určování hustoty dislokací	165
25.7	Orientace monokrystalů	166
26.	Měření technologických charakteristik	166
26.1	Měření doby života minoritních nositelů v přechodech p—n	166
26.2	Stanovení injekční (emisní) účinnosti přechodu p—n	167
26.3	Stanovení hloubky vniku příměsí do polovodiče	168
26.4	Průběh koncentrace příměsí v přechodech a povrchová koncentrace [116]	169
26.5	Pnutí v polovodičovém materiálu	172
IX.	Konstrukce a technologie výroby nejdůležitějších polovodičových součástek	173
27.	Technologie výroby germaniových a křemíkových diod	174
27.1	Germaniové a křemíkové výkonové diody	174
27.2	Diody pro vysoké kmitočty	179
28.	Konstrukce a technologie výroby nř tranzistorů malého výkonu	181
28.1	Příklad konstrukčního provedení	181
28.2	Přehled technologických operací	182
29.	Konstrukce a technologie výroby výkonových tranzistorů	186
29.1	Zvláštnosti elektrických vlastností výkonových tranzistorů	186
29.2	Chlazení výkonových tranzistorů	188
29.3	Konstrukční řešení nejdůležitějších typů výkonových tranzistorů	190
30.	Tranzistory pro vysoké kmitočty	192
30.1	Základní konstrukční hlediska	192
30.2	Konstrukční řešení vř tranzistorů	194
30.21	Slitínový tranzistor se zmenšenými rozměry soustavy	194
30.22	Slitínový tranzistor se zmenšenými rozměry soustavy a s nehomogenní koncentrací příměsí v bázi	194
30.23	Mikroslitínový difúzní tranzistor	194
30.24	Tranzistory vyráběné metodou slévání — difúze [163]	196
30.25	Tranzistory typu mesa	198
30.26	Planární tranzistory	210
30.27	Tranzistory vyráběné na podložkách s malým měrným odporem	211
31.	Technologie výroby slunečních fotonek	213
32.	Zenerovy diody	214
33.	Tunelové diody	216
33.1	Konstrukční hlediska	216
33.2	Technologický postup	217