

Spis treści

Wstęp — ARKADIUSZ GÓRAL	9
1. Własności ogólne warstw cienkich. Wytwarzanie, zastosowania — ARKADIUSZ GÓRAL . .	11
1.1. Współczesne pojęcie warstwy cienkiej	11
1.2. Własności fizyczne warstw	11
1.3. Metody wytwarzania warstw cienkich	13
1.4. Obszary zastosowań warstw cienkich w mikroelektronice	15
2. Podstawy termodynamiczne teorii kondensacji warstw i teoria nukleacji — WŁADYSŁAW RIEDL	17
2.1. Teoria kondensacji warstw cienkich z jednoskładnikowego strumienia pary	17
2.1.1. Wprowadzenie	17
2.1.2. Definicje funkcji termodynamicznych	18
2.1.3. Potencjał termodynamiczny aglomeratów o powierzchni zakrzywionej	20
2.1.4. Teoria nukleacji	25
2.1.5. Struktura kondensatu	37
2.1.6. Kondensacja według mechanizmów gaz → ciało stałe oraz gaz→ciecz	40
2.2. Równowagi parowania i kondensacji układów dwuskładnikowych	43
2.2.1. Własności układów dwuskładnikowych	43
2.2.2. Zależność składu pary od składu fazy skondensowanej	50
2.2.3. Równowaga pary z zarodkami dwuskładnikowymi	55
2.2.4. Zastosowanie kondensacji selektywnej do otrzymywania warstw związków półprzewodnikowych	57
Literatura	58
3. Własności fizyczne warstw cienkich — BOGUSŁAW STĘPIEŃ	59
3.1. Wprowadzenie	59
3.2. Własności warstw metalicznych	60
3.2.1. Elementarna teoria przewodnictwa w metalach	60
3.2.2. Wpływ grubości na przewodnictwo warstw metalicznych	63
3.2.3. Wpływ grubości na współczynnik temperaturowy rezystywności warstw . . .	66
3.2.4. Przewodnictwo warstw metalicznych o strukturze nieciągłej	67
3.3. Własności warstw dielektrycznych i izolacyjnych	70
3.3.1. Wprowadzenie	70
3.3.2. Własności warstw dielektrycznych tlenku krzemu nanoszonych próżniowo . .	71
3.4. Adhezyjność warstw	79
3.4.1. Wprowadzenie	79
3.4.2. Metody pomiaru adhezyjności	81
Literatura	84
4. Wybrane zagadnienia technologii nanoszenia próżniowego warstw cienkich — BOGUSŁAW STĘPIEŃ, ROMANA MAROWSKA	86
4.1. Wstęp	86
4.2. Naparowanie próżniowe	87
4.2.1. Warunki próżniowe	87
4.2.2. Powtarzalność rozkładu grubości warstw cienkich naparowanych próżniowo . .	89

4.3. Rozpylanie katodowe	100
4.3.1. Wprowadzenie	100
4.3.2. Mechanizm rozpylania	100
4.3.3. Wyładowanie jarzeniowe	102
4.3.4. Rozpylanie w wyładowaniu jarzeniowym	104
4.3.5. Inne warianty metody rozpylania katodowego	106
4.3.6. Aparatura do rozpylania katodowego	112
4.3.7. Trawienie jonowe	116
Literatura	117
5. Metody kształtowania struktur cienkowarstwowych — TERESA ŁUKASIEWICZ, PIOTR BOCIK	118
5.1. Maskowanie	118
5.1.1. Wprowadzenie	118
5.1.2. Maskowanie bezpośrednie (fotolitografia)	121
5.1.3. Maskowanie pośrednie	125
5.2. Metody poprawiania parametrów elektrycznych struktur mikroelektronicznych biernych	126
5.2.1. Wprowadzenie	126
5.2.2. Stabilizacja parametrów elektrycznych struktur biernych	127
5.2.3. Korekcja rezystorów i kondensatorów	128
5.2.4. Korekcja mechaniczna	129
5.2.5. Korekcja elektroerozyjna	130
5.2.6. Korekcja laserowa wypalająca	132
5.2.7. Korekcja termiczna	133
5.2.8. Korekcja elektrochemiczna	133
5.2.9. Korekcja laserowa termiczna	134
5.2.10. Korekcja pojemności	135
6. Elementy cienkowarstwowe bierne. Własności i technologia — WOJCIECH GREGORCZYK	136
6.1. Podłoża	136
6.2. Rezystory	140
6.3. Kondensatory	146
6.4. Indukcyjności	150
6.5. Warstwy kontaktowe	153
Literatura	156
7. Projektowanie mikroukładów cienkowarstwowych hybrydowych — ZENON KOPEĆ	158
7.1. Projektowanie robocze	158
7.2. Projektowanie na najgorszy przypadek	163
7.3. Projektowanie statystyczne	169
7.4. Wykonywanie fotomasek	170
Literatura	172
8. Parametry techniczne współczesnych mikroukładów cienkowarstwowych — KRZYSZTOF DĄBROWSKI, MIROSLAW MIKA	173
8.1. Parametry elementów cienkowarstwowych	173
8.2. Elementy dyskretne układów hybrydowych	179
8.2.1. Wprowadzenie	179
8.2.2. Elementy półprzewodnikowe	179
8.2.3. Kondensatory	186
8.2.4. Elementy indukcyjne	188
8.2.5. Filtry ceramiczne	188
8.2.6. Rezystory	189
8.3. Zagadnienia mikromontażu elementów czynnych i struktur półprzewodnikowych monolitycznych w układzie hybrydowym na podłożu izolacyjnym	189
8.4. Rozwiązania konstrukcyjne mikroukładów	194
9. Warstwy grube i mikroukłady hybrydowe grubowarstwowe — ARKADIUSZ GÓRAL	199
9.1. Własności materiałów stosowanych w technologii grubowarstwowej	199
9.1.1. Wprowadzenie	199
9.1.2. Materiały podłożowe	199

9.1.3.	Warstwy rezystancyjne	201
9.1.4.	Warstwy przewodzące dla ścieżek połączeniowych i elektrod	207
9.1.5.	Warstwy dielektryczne	208
9.2.	Proces technologiczny wytwarzania mikroukładu grubowarstwowego	211
9.2.1.	Wprowadzenie	211
9.2.2.	Przygotowanie podłoży	212
9.2.3.	Przygotowanie past do drukowania ścieżek przewodzących	212
9.2.4.	Drukowanie ścieżek przewodzących	212
9.2.5.	Wypalanie ścieżek przewodzących	213
9.2.6.	Przygotowanie i kontrola własności kompozycji rezystancyjnych	214
9.2.7.	Drukowanie rezystorów	214
9.2.8.	Wypalanie rezystorów	215
9.2.9.	Korekcja rezystorów	215
9.2.10.	Cynowanie ścieżek przewodzących	215
9.2.11.	Montaż wyprowadzeń, elementów czynnych i elementów biernych dyskretnych	216
9.2.12.	Obudowy mikroukładu grubowarstwowego	217
9.2.13.	Kontrola parametrów mikroukładów	219
9.3.	Budowa mikroukładu grubowarstwowego i jego własności robocze	219
9.3.1.	Wprowadzenie	219
9.3.2.	Własności rezystorów	220
9.3.3.	Własności ścieżek przewodzących	221
9.3.4.	Własności kondensatorów	222
9.3.5.	Własności cewek indukcyjnych	222
9.3.6.	Niezawodność mikroukładów grubowarstwowch	223
	Literatura	224
10.	Kontrola i pomiary końcowe mikroukładów — IRENEUSZ JAKUBOWSKI	225
10.1.	Wiadomości ogólne	225
10.2.	Pomiary wzmacniaczy o ostro stolerowanych charakterystykach roboczych	228
10.2.1.	Wprowadzenie	228
10.2.2.	Pomiar napięcia niezrównoważenia dla prądu zmiennego	228
10.2.3.	Pomiar zakresu automatycznej regulacji wzmocnienia	229
10.2.4.	Pomiar szerokości pasma	229
10.2.5.	Pomiar z zakresu zmian napięcia wejściowego sumacyjnego (wspólnego)	230
10.2.6.	Pomiar napięcia wyjściowego sumacyjnego	230
10.2.7.	Pomiar współczynnika symetrii	230
10.2.8.	Pomiar wzmocnienia sygnału wspólnego	231
10.2.9.	Pomiar wzmocnienia napięciowego różnicowego oraz wzmocnienia wejścia pojedynczego	232
10.2.10.	Pomiary prądów wejściowych oraz ich niestabilności (dryftu)	233
10.2.11.	Pomiary napięcia polaryzacji wejść, jego niestabilności temperaturowej (dryftu) oraz wpływu zmian napięć zasilających	234
10.2.12.	Pomiar napięć maksymalnych wejściowych i wyjściowych	234
10.2.13.	Pomiar napięcia stałego wyjściowego	234
10.2.14.	Pomiar napięć spoczynkowych — wejściowego i wyjściowego	235
10.2.15.	Pomiar rezystancji wyjściowej	235
10.2.16.	Pomiar rezystancji wejściowej i wejściowej różnicowej	236
10.2.17.	Pomiar wzmocnienia mocy	237
10.2.18.	Pomiar szybkości narastania napięcia wyjściowego	237
10.3.	Układy cyfrowe o dużych poziomach sygnałów	237
	Literatura	238
11.	Zagadnienia aplikacyjne mikroukładów — IRENEUSZ JAKUBOWSKI, MIROSLAW MIKA	239
11.1.	Własności techniki hybrydowej i wzajemne stosunki zamawiający-producent	239
11.2.	Montaż mikroukładów w urządzeniach elektronicznych	241
11.2.1.	Problemy opakowania układów mikroelektronicznych	241
11.2.2.	Płytki drukowane wielowarstwowe	246
11.2.3.	Technologia łączenia mikroukładów	252
	Literatura	259

12. Technika warstwowa jako metoda integracji elektronowej — ARKADIUSZ GÓRAL	260
12.1. Wprowadzenie	260
12.2. Elementy warstwowe jako struktury o stałych rozłożonych	261
12.3. Elementy cienkowarstwowe na podłożu półprzewodnikowym	263
12.4. Struktury typu SOS („krzem na szafirze”, „krzem na krzemie”)	266
12.5. Zaawansowane metody montażu struktur czynnych na podłożu biernym	267
12.6. Układy wielowarstwowe na warstwach grubych	269
Literatura	271
13. Układy scalone mikrofalowe — RYSZARD VOGEL	272
13.1. Charakterystyka ogólna	272
13.2. Prowadnice falowe	273
13.3. Obwody bierne o stałych rozłożonych	279
13.4. Realizacja linii paskowych niesymetrycznych oraz obwodów biernych o stałych rozłożonych	281
13.4.1. Wprowadzenie	281
13.4.2. Materiały izolacyjne podłożowe	282
13.4.3. Materiały przewodzące	283
13.4.4. Realizacja warstw przewodzących na podłożu	284
13.5. Elementy o stałych skupionych	285
13.6. Elementy czynne	287
13.7. Elementy ferrytowe	288
13.8. Pomiar własności układów mikrofalowych scalonych	290
13.9. Przykłady układów scalonych mikrofalowych	291
Literatura	292
14. Elementy cienkowarstwowe czynne — KRYSTYNA SZLENK	295
14.1. Wprowadzenie	295
14.2. Konstrukcja tranzystora cienkowarstwowego	296
14.3. Analiza mechanizmu działania tranzystora cienkowarstwowego	297
14.3.1. Model fizyczny	297
14.3.2. Interpretacja teoretyczna charakterystyk $I-V$	299
14.4. Technologia tranzystorów cienkowarstwowch	302
14.5. Parametry tranzystora i jego stabilność	304
14.6. Układy scalone cienkowarstwowe	308
Literatura	310
15. Warstwy cienkie magnetyczne — LIDIA MAKSYMOWICZ, ANDRZEJ MAKSYMOWICZ, ARKADIUSZ GÓRAL	311
15.1. Technologia wytwarzania	311
15.1.1. Wprowadzenie	311
15.1.2. Metody otrzymywania	312
15.2. Parametry	315
15.2.1. Gęstość energii całkowitej (według teorii jednodomenowej)	315
15.2.2. Pole anizotropii jednoosiowej	318
15.2.3. Dyspersja amplitudowa, dyspersja kątowna	320
15.2.4. Natężenie koercji	322
15.2.5. Aparatura do pomiaru parametrów	323
15.3. Własności impulsowe	328
15.3.1. Wprowadzenie	328
15.3.2. Aparatura do badania warstw w polach impulsowych	329
15.4. Struktury wielowarstwowe	331
15.4.1. Własności	331
15.4.2. Technologia wytwarzania	332
15.4.3. Układy wielowarstwowe przedzielone dielektrykiem	332
15.5. Zespoły pamięciowe cienkowarstwowe	338
15.6. Cienkowarstwowe magnetyczne układy pamięciowe na podłożu drutowym	340
Literatura	343
Skorowidz	347