

Vydání podpořili



Doc. Ing. Josef Šavel, CSc.

Elektrotechnologie

Materiály, technologie a výroba
v elektronice a elektrotechnice

3. rozšířené vydání



Schválilo MŠMT čj. 25 734/2003-23 dne 1. 9. 2003 k zařazení do seznamu učebnic pro střední odborné školy s dobou platnosti 6 let.

Učebnice se liší od předcházejících velmi podstatně svým pojetím a obsahem. Dosavadní učebnice obsahovaly buď převážně popis vlastností jednotlivých elektrotechnických materiálů, nebo naopak popis technologie jednotlivých elektrotechnických součástek; tato nová učebnice vytváří vhodnou syntézu obou pojetí.

První část je věnována hlavním druhům materiálů, a to z hlediska jejich fyzikálních vlastností a aplikace v moderní elektronice a elektrotechnice. Druhá část se zabývá přípravou materiálů s uspořádanou strukturou, tj. objemových monokrystalů a tenkých monokrystalických vrstev. Na ni navazuje kapitola týkající se změny vlastností materiálu změnou složení, která kromě klasické technologie směsí, slitin a sloučenin, obsahuje speciální technologické procesy při výrobě polovodičů. Protože tyto speciální materiálové technologie vyžadují často průběh procesů bez vlivu vnější atmosféry, byly zařazeny základy vakuové techniky a technologie, na které navazují technologie funkčních tenkých a tlustých vrstev. Po těchto, v podstatě základních poznatcích o materiálech a progresivních technologických procesech, následují dílčí kapitoly věnované jednotlivým technologiím polovodičových součástek a mikroelektronických obvodů, optoelektroniky a pasivních součástek včetně plošných spojů. V závěrečné části je na technologii přípravy objemových monokrystalů stručně demonstrována nutnost respektovat zásady ekologie.

V druhém vydání byla náplň učebnice rozšířena o problematiku výroby ve třech specifických oblastech: elektrochemické – pojednávající o zpracování plastů, tj. vytváření plastových výrobků pro elektroniku a elektrochechniku; elektromechanické – obsahující výrobu elektrického vinutí v součástkách a strojích a elektronické – zahrnující komplexní problematiku výroby desek technologií povrchové montáže.

Ve třetím vydání byla v materiálové oblasti doplněna problematika: Kapalně krystalů a v technologické oblasti další část: Technologie konstrukčních součástek. Novou problematikou z oblasti výroby se zabývá část: Technický rozvoj a technická administrativa.

Učebnice je určena pro střední školy zaměřené na elektroniku, elektrotechniku a příbuzné obory.

Doc. Ing. Josef Šavel, CSc.

Elektrotechnologie

materiály, technologie a výroba v elektronice a elektrotechnice

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Za původnost, jazykovou a věcnou správnost díla zodpovídá autor. Názvy výrobců zařízení a hardwarových nebo softwarových produktů mohou být ochrannými známkami. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechna práva vyhrazena.

© Doc. Ing. Josef Šavel, CSc., Praha 2004

Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

odborná recenze: Ing. Antonín Blahovec, Ing. Jiří Hozman

Šavel Josef: Elektrotechnologie

BEN – technická literatura, Praha 2004

3. rozšířené vydání

ISBN 80-7300-154-3

Obsah

1. Úvod	9
2. Materiály pro elektrotechniku, druhy a vlastnosti	11
2.1 Elektricky vodivé materiály – vodiče	11
2.1.1 Charakteristické vlastnosti elektricky vodivých materiálů	11
2.1.2 Druhy a vlastnosti elektricky vodivých materiálů	13
2.2 Magnetické materiály	22
2.2.1 Fyzikální podstata magnetismu	23
2.2.2 Základní vlastnosti magnetických materiálů	26
2.2.3 Druhy a vlastnosti magnetických materiálů	30
2.3 Elektroizolační materiály – izolanty a dielektrika	35
2.3.1 Základní vlastnosti izolantů a dielektrik	35
2.3.2 Druhy a vlastnosti elektrických izolantů a dielektrik	41
2.4 Polovodičové materiály – polovodiče	48
2.4.1 Fyzikální podstata elektrické vodivosti	48
2.4.2 Druhy a vlastnosti polovodičových materiálů	52
3. Změna vlastností materiálů změnou struktury	55
3.1 Nekrystalické, polykrystalické a monokrystalické látky	55
3.2 Základy nauky o krystalech	55
3.2.1 Struktura krystalu	55
3.2.2 Poruchy krystalů	58
3.3 Příprava objemových monokrystalů	59
3.3.1 Význam a použití monokrystalů	59
3.3.2 Metody pro přípravu objemových monokrystalů	60
3.4 Příprava tenkých monokrystalických vrstev	73
3.4.1 Význam a použití monokrystalických vrstev	73
3.4.2 Postupy vytváření epitaxních vrstev	73
4. Změna vlastností materiálů změnou složení	79
4.1 Směs, slitina, sloučenina	79
4.1.1 Směsi	79
4.1.2 Slitiny	80
4.1.3 Sloučeniny	80
4.2 Technologické procesy	81
4.2.1 Proces difuze	82
4.2.2 Proces iontové implantace	86

5. Základy vakuové techniky a technologie	87
5.1 Význam a využití vakuové techniky a technologie	87
5.2 Čerpání plynů a typy vývěv	89
5.2.1 Vývěvy pracující na základě přenosu molekul – transportní vývěvy	90
5.2.2 Vývěvy pracující na základě vazby molekul na svých stěnách	95
5.3 Měření vakua	99
5.3.1 Vakuometr termoelektrický	99
5.3.2 Vakuometr ionizační	101
5.4 Některé běžné procesy realizované ve vakuu	101
5.4.1 Aplikace vakua v technice a technologii	101
5.4.2 Technologie vakuových součástek pro elektroniku	103
6. Technologie tenkých vrstev	107
6.1 Klasifikace vrstev	107
6.2 Vakuové napařování	107
6.2.1 Princip napařování	108
6.2.2 Odpařovací zdroje – výparníky	108
6.2.3 Vakuové napařovací zařízení	110
6.2.4 Napařované materiály	110
6.2.5 Podložky	111
6.3 Katodové napařování	112
6.3.1 Princip napařování	112
6.3.2 Katodové napařovací zařízení	113
6.4 Aplikace tenkých vrstev v elektronice	113
6.4.1 Tenkovrstvové vodiče a kontakty	114
6.4.2 Tenkovrstvové rezistory	114
6.4.3 Tenkovrstvové kondenzátory	115
6.4.4 Tvarování a umístění vrstev	115
7. Technologie tlustých vrstev	117
7.1 Příprava tlustých vrstev	117
7.1.1 Sítotiskové pasty	117
7.1.2 Sítotisk	118
7.1.3 Sítotiskové a kovové šablony	118
7.1.4 Vypalování	119
7.1.5 Podložky	120
7.2 Aplikace tlustých vrstev v elektronice	120
7.2.1 Vodivé vrstvy	120
7.2.2 Odporové vrstvy	121
7.2.3 Dielektrické a izolační vrstvy	121

8. Technologie polovodičových součástek a integrovaných obvodů	123
8.1 Technologie bipolární struktury	124
8.1.1 Hrotový kontakt	125
8.1.2 Slitínové technologie	125
8.1.3 Difuzní technologie	126
8.1.4 Mesa-technologie	127
8.1.5 Epitaxní technologie	127
8.1.6 Planární technologie	127
8.2 Technologie unipolární struktury	129
8.3 Technologický postup při výrobě integrovaných obvodů	130
8.3.1 Monolitické integrované obvody	130
8.3.2 Hybridní integrované obvody	131
9. Technologie optoelektroniky	133
9.1 Optoelektronický přenos	133
9.2 Optické vlákno – vláknový světlovod	135
9.2.1 Vlastnosti světlovodu	135
9.2.2 Technologie výroby světlovodů	137
9.2.3 Světlovodné kabely	138
9.3 Optické spojovací a vazební součástky	139
9.3.1 Spojovací součástky	139
9.3.2 Vazební součástky	144
9.4 Generátory optických kmitočtů	145
9.4.1 Polovodičové luminiscenční diody	145
9.4.2 Polovodičové laserové diody	146
9.5 Modulátory optických kmitočtů	147
9.6 Detektory záření	148
9.6.1 Fotodiody PIN	149
9.6.2 Lavinové fotodiody	149
9.7 Kapalné krystaly	150
9.7.1 Struktury a fáze termotropních kapalných krystalů	151
9.7.2 Fyzikální vlastnosti kapalných krystalů	152
9.7.3 Aplikace	155
10. Technologie pasivních součástek	157
10.1 Rezistory	157
10.2 Potenciometry	158
10.3 Elektrolytické kondenzátory	159
10.4 Kondenzátory s papírovým dielektrikem	160
10.5 Kondenzátory s metalizovaným papírovým dielektrikem	161

10.6	Kondenzátory s dielektrikem z plastů	161
10.7	Kondenzátory slídové	161
10.8	Kondenzátory keramické	162
10.9	Kondenzátory proměnné	162
11.	Technologie konstrukčních součástek	163
11.1	Konektory	163
11.1.1	Konektory řadové nepřímé	164
11.1.2	Konektory řadové přímé	164
11.1.3	Konektory s řeznými kontakty pro ploché kabely	166
11.1.4	Konektory přístrojové - lichoběžníkové	166
11.1.5	Konektory kruhové	167
11.1.6	Konektory koaxiální	169
11.1.7	Hyperboloidní kontakt - Hypcon	169
11.2	Otočné přepínače a spínače	170
11.3	Tlačítkové soupravy	171
11.3.1	Funkce a konstrukce fóliových klávesnic	173
11.3.2	Typové rozdělení klávesnic	174
11.3.3	Klávesnice se zabudovanými LED	175
11.4	Relé	175
11.4.1	Miniaturní relé s montáží na plošné spoje	176
11.4.2	Jazyčková relé	176
11.5	Elektromechanické filtry	178
12.	Technologie plošných spojů	181
12.1	Základní a pomocné materiály	182
12.1.1	Základní plátované materiály	182
12.1.2	Světlocitlivé roztoky pro fotoleptání	183
12.1.3	Suché vrstevné rezistory	184
12.1.4	Kovové rezistory	185
12.1.5	Leptadla	185
12.1.6	Chemické přípravy pro pokovovací lázně	186
12.2	Technologické metody výroby plošných spojů	187
12.3	Zásady návrhu a konstrukce plošných spojů	189
13.	Technologie a ekologie	191
14.	Zpracování plastů – vytváření plastových výrobků pro elektroniku a elektrotechniku	193
14.1	Charakteristika plastů	194
14.1.1	Rozdělení plastů podle teplotního chování	194
14.1.2	Příspěvky (aditiva) plastů	198
14.1.3	Obecné vlastnosti plastů	199

14.2	Druhy plastů a jejich vlastnosti	200
14.3	Technologie plastových výrobků	201
14.3.1	Vytváření výrobků z plynného stavu	203
14.3.2	Vytváření výrobků z kapalného stavu	203
14.3.3	Vytváření výrobků z kapalného a tekutého stavu	204
14.3.4	Vytváření výrobků z plastových disperzí, emulzí nebo roztoků	205
14.3.5	Vytváření výrobků z jemných plastových prachů	208
14.3.6	Vytváření výrobků z plastových prachů, drtí, granulátů, premixů a prepregů	210
14.3.7	Tvarování	217
15.	Výroba elektrického vinutí v součástkách a strojích	219
15.1	Druhy a vlastnosti vinutí podle funkce a provedení	219
15.1.1	Jednovrstvové vinutí	221
15.1.2	Vícevrstvé vinutí	224
15.2	Zařízení pro výrobu vinutí	233
15.2.1	Třídění navíjecích strojů	233
15.2.2	Navíjecí stroje pro válcová vinutí	234
15.2.3	Navíjecí stroje pro křížová vinutí	237
15.2.4	Navíjecí stroje pro prstencová vinutí	239
15.2.5	Stroje pro navíjení tvarových cívek	244
15.2.6	Navíječky kotev točivých strojů	244
15.2.7	Stroje pro navíjení statorů	245
15.2.8	Těžké navíjecí stroje	246
16.	Výroba desek technologií povrchové montáže	247
16.1	Charakteristika nové metody montáže	247
16.2	Hlavní důvody pro zavádění povrchové montáže	248
16.3	Typy součástek a pouzder pro technologii povrchové montáže	248
16.3.1	Pasivní diskretní součástky	249
16.3.2	Pouzdra SOT	249
16.3.3	Pouzdra SOIC	249
16.3.4	Pouzdra CC	250
16.3.5	Pouzdra FLAT-PACK	250
16.3.6	Pouzdra PIN-GRID-ARRAY	250
16.3.7	Součástky MICROPACKS	250
16.4	Některé druhy součástek pro povrchovou montáž (SMD)	252
16.4.1	Vývody součástek	252
16.4.2	Pravouhlé rezistory SMD	252
16.4.3	Rezistory MELF	253
16.4.4	Rezistorová pole	253

16.4.5	Monolitické keramické kondenzátory	254
16.4.6	Elektrolytické tantalové kondenzátory	254
16.4.7	Elektrolytické hliníkové kondenzátory	255
16.4.8	Kondenzátory s dielektrikem z plastů	256
16.4.9	Tranzistory a diody	256
16.4.10	Integrované obvody v pouzdru SO	256
16.4.11	Obvody Flat Pack a Quad Pack	257
16.4.12	Keramické nosiče čipu	257
16.4.13	Plastové nosiče čipu	257
16.4.14	Pouzdra PGA	258
16.4.15	Vlastní montáž holých čipů	259
16.4.16	Konektory pro povrchovou montáž	260
16.4.17	Další konstrukční součástky pro povrchovou montáž	260
16.5	Montážní substráty pro technologii povrchové montáže	261
16.5.1	Desky s plošnými spoji	262
16.5.2	Keramické substráty	263
16.5.3	Substráty s izolovaným kovovým jádrem	263
16.6	Metody pájení a lepení u povrchové montáže součástek	264
16.6.1	Pájení přetavením	265
16.6.2	Pájení vlnou	266
16.6.3	Lepení	267
16.7	Výběr – odběr a osazování součástek	
	na montážní substráty	267
16.7.1	Typy zásobníků	268
16.7.2	Zařízení pro výběr a osazování součástek	269
17.	Technický rozvoj a technická administrativa	271
17.1	Vynálezy - patenty	272
17.2	Technická normalizace a metrologie	273
17.3	Zkušebnictví	277
17.4	Jakost - kvalita	281
17.5	Spolehlivost a životnost	283
LITERATURA.....	286	
Dodatek – tabulky	288	
Knihy nakladatelství BEN – technická literatura	299	
Kde nás najdete	301	
	(adresy, telefonní a faxové spojení, Internet firmy BEN – technická literatura)	