

ÚVOD	16
POSLÁNÍ KNIHY	18
1 CHARAKTERISTIKA POUZDŘENÍ A JEHO HISTORIE	19
1.1 Definice základních pojmů, hierarchie pouzder	19
1.2 Vývoj pouzdrění v elektronice a mikroelektronice	22
1.3 Ekologická a cenová omezení	30
Literatura	33
2 FUNKCE POUZDRA, SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP K POUZDŘENÍ	35
2.1 Základní funkce pouzdra	35
2.2 Elektrická funkce pouzdra	35
2.2.1 Distribuce napájecí energie a signálu	38
2.2.2 Omezující faktory přenosu signálu	38
2.2.3 Minimalizace šumu a zkreslení signálu	41
2.2.4 Diagnostika elektrické funkce pouzdra	42
2.2.5 Základní typy testů pro diagnostiku elektrické funkce pouzdra	45
2.3 Tepelná funkce pouzdra	62
2.3.1 Význam pouzdra pro chlazení součástky	68
2.3.2 Způsoby chlazení	72
2.3.3 Diagnostika tepelné funkce pouzdra	74
2.4 Význam pouzdra pro zajištění spolehlivosti součástky	75
2.4.1 Význam pouzdra pro zajištění mechanických vlastností součástky	78
2.4.2 Pouzdro jako ochrana před vnějšími vlivy	79
2.4.3 Faktory ovlivňující spolehlivost pouzdra	80
2.4.4 Diagnostika spolehlivosti pouzdra	82
2.5 Systémový přístup k pouzdrění	84
2.5.1 Charakteristika systémového přístupu	85
2.5.2 Základní typy analýz při systémovém přístupu	86
Literatura	88

3	POUZDŘENÍ NA ÚROVNI ČIPŮ (PRVNÍ ÚROVNĚ)	91
3.1	Základní charakteristika a typy	91
3.2	Techniky montáže a připojování čipů	93
3.2.1	Připojování mikrodrátky (<i>wirebonding</i>)	95
3.2.1.1	Termokomprese	101
3.2.1.2	Ultrazvukové připojování	102
3.2.1.3	Termosonické připojování	104
3.2.1.4	Diagnostika kvality spoje vytvořeného mikrodrátkem	105
3.2.2	Technologie flip-chip a C-4 (<i>controlled collapse chip connection</i>)	106
3.2.3	Technologie TAB (<i>tape automated bonding</i>)	110
3.2.4	Speciální techniky připojování čipů	115
3.3	Přímé metody připojování čipů	
3.3.1	Montáž čipu na propojovací desku (COB - <i>chip-on-board</i>)	118
3.3.2	Přímé připojení čipu (DCA – <i>direct chip attach</i>)	120
3.3.3	Techniky vytvoření pouzder čipů montovaných přímo na plošné spoje	120
3.3.4	Materiály používané pro vytváření pouzder čipů montovaných přímo na desky plošných spojů	121
	Literatura	123
4	POUZDŘENÍ NA ÚROVNI MULTIČIPOVÝCH MODULŮ (PRVNÍ ÚROVNĚ)	125
4.1	Důvody pro vznik multičipových modulů	125
4.2	Technologie multičipových modulů	126
4.3	Porovnání multičipových modulů s jinými technikami pouzdrění	128
4.4	Technologie MCM-L	129
4.5	Technologie MCM-C	131
4.6	Technologie MCM-D	133
4.7	Technologie P-MCM	135
4.8	Hybridní multičipové moduly	136
4.9	Porovnání různých typů multičipových modulů	137
4.10	Techniky a materiál pro výrobu ochranných krytů pouzder multičipových modulů	139
4.11	Diagnostika vlastností pouzder multičipových modulů	139
	Literatura	142

5	POUZDŘENÍ NA ÚROVNI DISKRÉTNÍCH SOUČÁSTEK (PRVNÍ ÚROVNĚ)	145
5.1	Pouzdrění na úrovni diskretních aktivních součástek pro technologii THT – rozdělení podle provedení pouzdra	145
5.1.1	Pouzdra typu SIP, DIP a ZIP (<i>single in line package, dual in line package, zig-zag in line package</i>)	146
5.1.2	Pouzdra typu PGA (<i>pin grid array</i>)	148
5.2	Pouzdrění na úrovni diskretních aktivních součástek pro technologii SMT - rozdělení dle provedení pouzdra	148
5.2.1	Pouzdra rodiny SOP (<i>small outline package, swiss outline package</i>) a jejich modifikace SOJ (<i>small outline J-leaded package</i>), SOD (<i>small outline diode</i>), SOT (<i>small outline transistor</i>), SOIC (<i>small outline integrated circuit</i>), TSOP (<i>thin small outline package</i>)	150
5.2.2	Pouzdra typu LCC (<i>leadless chip carrier</i>) a CLCC (<i>ceramic leadless chip carrier</i>)	150
5.2.3	Pouzdra typu PLCC (<i>plastic leaded chip carrier</i>) a typu FPP (<i>fine pitch package</i>)	151
5.2.4	Pouzdra rodiny FP (<i>flat package</i>) a jejich modifikace QFP (<i>quad flat package</i>), PQFP (<i>plastic quad flat package</i>) a TQFP (<i>thin quad flat package</i>)	152
5.2.5	Pouzdra rodiny BGA (<i>ball grid array</i>) a jejich typy PBGA (<i>plastic ball grid array</i>), CBGA (<i>ceramic ball grid array</i>), TBGA (<i>tape ball grid array</i>), μ -BGA (<i>micro ball grid array</i>)	153
5.2.6	Pouzdra typu CSP (<i>chip scale package</i>) a WLCSP (<i>wafer level chip scale package</i>)	156
5.3	Pouzdrění na úrovni diskretních aktivních součástek pro technologii THT a SMT – výroba a materiál systému vývodů a pouzder	158
5.3.1	Plastová pouzdra – systém vývodů	158
5.3.2	Plastová pouzdra – materiál pouzder	159
5.3.3	Keramická pouzdra – systém vývodů	162
5.3.4	Keramická pouzdra – materiál pouzder	163
5.3.5	Pouzdra vyrobená tenkovrstvou technologií	165
5.3.6	Kovová pouzdra	169
	Literatura	171

8	Montáž v elektronice	
6	SPECIÁLNÍ ZPŮSOBY POUZDŘENÍ PRVNÍ ÚROVNĚ	173
6.1	Pouzdra pasivních součástek pro technologii THT	173
6.2	Pouzdra pasivních součástek pro technologii SMT	176
	Literatura	182
7	TECHNIKY PŘIPOJOVÁNÍ SOUČÁSTEK NA SUBSTRÁTY (DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ) - POUZDŘENÍ DRUHÉ ÚROVNĚ	183
7.1	Základní charakteristika	183
7.2	Techniky připojování	185
7.2.1	Pájení	185
7.2.1.1	Technologie pájení	199
7.2.1.2	Pájení vlnou	201
7.2.1.3	Pájení přetavením	205
7.2.1.4	Pastovité pájky	210
7.2.1.5	Nanášení celistvé pájky	213
7.2.1.6	Způsoby pájení přetavením	216
7.2.1.7	Pájky bez olova	223
7.2.2	Lepení elektricky vodivými lepidly	236
7.2.2.1	Izotropní a anizotropní elektricky vodivá lepidla	237
7.2.3	Porovnání pájení a vodivého lepení	237
7.2.4	Diagnosticke metody pro hodnocení kvality pájených a lepených spojů	240
	Literatura	241
8	TECHNIKY PROPOJOVÁNÍ PŘI POUZDŘENÍ DRUHÉ ÚROVNĚ	245
8.1	Vývoj, současný stav a perspektivy	245
	Literatura	246
9	PLOŠNÉ SPOJE	247
9.1	Jednovrstvé plošné spoje	249
9.1.1	Sítotisk a leptání	249
9.1.2	Fotoprocés a leptání	250
9.1.3	Modifikace sítotisku a leptání	250

Obsah		9
9.1.4	Dvouvrstvé plošné spoje bez pokovených otvorů	250
9.1.5	Zapuštěné plošné spoje	251
9.1.6	Ražené plošné spoje	254
9.2	Dvouvrstvé plošné spoje	255
9.2.1	Základní procesy plošných spojů s pokovenými otvory	256
9.2.1.1	Spoje na plátovaném substrátu	256
9.2.1.1.1	Pokovení desky (<i>panel plating</i>)	256
9.2.1.1.2	Pokovení obrazce (<i>pattern plating</i>)	259
9.2.1.1.3	Překrytí otvorů rezistem (<i>tenting</i>)	260
9.2.1.1.4	Přímé pokovení	260
9.2.1.2	Spoje na neplátovaném materiálu – aditivní proces	261
9.3	Vícevrstvé plošné spoje	262
9.3.1	Konstrukce vícevrstevných desek plošných spojů	263
9.3.1.1	Tenké lamináty	263
9.3.1.2	Rozměrová stabilita	263
9.3.1.3	Prepregy	264
9.3.1.4	Měděná folie	265
9.3.1.5	Konstrukce vícevrstevných plošných spojů	265
9.3.1.6	Čtyřvrstvá deska s tloušťkou 1,5 a 1,6 mm	266
9.3.1.7	Šestivrstvé spoje s tloušťkou 1,5 a 1,6 mm	266
9.3.1.8	Osmivrstvé spoje s tloušťkou 1,5 a 1,6 mm	267
9.3.1.9	Desetivrstvé spoje s tloušťkou 1,5 a 1,6 mm	267
9.3.1.10	Dvanáctivrstvý spoj s tloušťkou 1,5 a 1,6 mm	268
9.3.2	Skládání vícevrstvého spoje	268
9.3.2.1	Kondicionování prepregů	268
9.3.2.2	Oxidace vnitřních vrstev	268
9.3.2.3	Příprava vrstev	269
9.3.2.4	Skládání vrstev do svazku	269
9.3.3	Lisy pro vícevrstvé spoje	270
9.3.4	Vícevrstvé plošné spoje s řízenou impedancí	271
9.4	Nerovinné plošné spoje	271
9.4.1	Ohebné plošné spoje	271
9.4.1.1	Jednovrstvé ohebné plošné spoje	271
9.4.1.2	Dvouvrstvé ohebné plošné spoje	272
9.4.1.3	Vícevrstvé ohebné plošné spoje	272
9.4.1.4	Tuhé – ohebné plošné spoje	273
9.4.2	Tvarované plošné spoje	274
9.4.3	Lisované plošné spoje	274
9.5	Plošné spoje pro povrchovou montáž	275

9.6	Nepájivá maska	275
9.7	Povrchové ochrany plošných spojů	276
9.8	Návrhové systémy pro plošné spoje	277
9.8.1	Manuální návrh	278
9.8.2	Digitalizace předlohy	279
9.8.3	Návrh s podporou počítače	279
9.8.4	Rozmísťování součástek	279
9.8.4.1	Diskrétní rozmísťovací problém	280
9.8.4.2	Spojité rozmísťovací problém	280
9.8.4.3	Propojování součástek	281
9.8.4.4	Definice a model propojovacího problému	281
9.8.5	Řídící soubory technologických procesů výroby	281
	Literatura	281
10	SUBSTRÁTY PRO PLOŠNÉ SPOJE	283
10.1	Vlastnosti substrátů pro pouzdra druhé úrovně	283
10.1.1	Elektrické vlastnosti	283
10.1.2	Tepelné vlastnosti	284
10.1.3	Mechanické vlastnosti	285
10.2	Druhy a použití substrátů pro pouzdření druhé úrovně	287
10.2.1	Organické substráty	288
10.2.1.1	Fenolické substráty	288
10.2.1.2	Epoxidové substráty	291
10.2.2	Kompozitové substráty	291
10.2.3	Substráty pro vyšší výkony	292
10.2.3.1	Polyimidový substrát	292
10.2.3.2	BT – epoxidový substrát	292
10.2.3.3	Kyanátesterový substrát	292
10.2.3.4	Polytetrafluoretylenový substrát	293
10.2.4	Keramické a skleněné substráty	295
10.2.5	Ohebné substráty	296
10.2.6	3D substráty	297
10.2.7	Ostatní substráty	298
10.2.7.1	Substráty s přizpůsobenou tepelnou roztažností	298
10.2.7.2	Substráty s kovovým jádrem	298
10.2.8	Vodivá fólie	299
	Literatura	299

11	TVORBA OBRAZCŮ A TECHNIKY JEJICH PŘENOSU NA SUBSTRÁT	301
11.1	Sítotisk	301
11.1.1	Síta a rámy	302
11.1.1.1	Síta	302
11.1.1.2	Vlivy na přesnost tisku	304
11.1.1.3	Rámy	308
11.1.2	Sítotiskové technologie a zařízení	308
11.1.2.1	Napínací zařízení	308
11.1.2.2	Zhotovení sítotiskové šablony	309
11.2	Šablonový tisk	310
11.2.1	Šablony a rámy	310
11.2.2	Šablonové technologie a zařízení	311
11.2.3	Micro-screen	311
11.3	Těrka	312
11.4	Tiskové pasty	312
11.4.1	Pigmenty	314
11.4.2	Rozpouštědla a ředidla	314
11.4.3	Plniva	314
11.4.4	Další přísady	314
11.4.5	Tvrzení a sušení	315
11.5	Fotoprocesy	315
11.5.1	Tekuté a suché fotorezisty	316
11.5.2	Nanášení fotorezistů	316
11.5.3	Osvit	318
11.5.4	Vyvíjení	319
11.5.5	Stripování	319
11.6	Další způsoby nanášení vrstev	319
11.6.1	Dispensing	319
	Literatura	322
12	VYTVÁŘENÍ OBRAZCŮ NA SUBSTRÁTU	325
12.1	Subtraktivní technologie	325
12.2	Aditivní technologie	325
12.3	Semiaditivní technologie	326
12.4	Leptání	326
12.4.1	Mokré (chemické) leptání	326

12.4.1.1	Rezisty	326
12.4.1.2	Leptadla	327
12.4.1.3	Leptací zařízení	329
12.4.2	Suché (plazmové) leptání	330
12.5.	Vytváření motivů laserem	332
12.5.1	Druhy laserů	333
12.5.2	Laserové technologie	334
12.6.	Pokovování	336
12.6.1	Bezproude pokovování	336
12.6.2	Elektrolytické pokovování	337
12.6.2.1	Elektrolytické pokovování mědi	337
12.6.2.2	Elektrolytické pokovování Sn a SnPb	338
12.6.2.3	Elektrolytické pokovování dalšími kovy	338
12.6.2.4	Ruční elektrolytické pokovování	339
	Literatura	339

13 SPECIÁLNÍ TECHNIKY VÝROBY PLOŠNÝCH SPOJŮ 341

13.1	Vytváření tlustovrstvých spojů s extrémně malou šířkou	341
13.2	Mikrovia technologie	343
13.2.1	Vrtané otvory	345
13.2.2	Ražené otvory	345
13.2.3	Otvory vytvářené laserem	345
13.2.4	Chemicky leptané otvory	346
13.2.5	Plazmou leptané otvory	347
13.2.6	Otvory pomocí fotolitografie	347
13.2.7	Otvory pomocí abraze	348
13.2.8	Otvory plněné vodivou pastou	348
13.2.9	Postupné vytváření vrstev	348
13.2.10	B ² IT	349
13.2.11	Srovnání procesů	349
13.3	Drátové plošné spoje	350
13.3.1	Multiwire	350
13.3.2	Microwire	352
13.4	Vrstvové technologie výroby plošných spojů	356
13.4.1	Tlustovrstvová technologie	356
13.4.2	Tenkovrstvová technologie	361
13.5	Diagnostika desek plošných spojů	364
13.5.1	Neelektrické kontrolní metody	367

	Literatura	378
14	TECHNOLOGIE MONTÁŽE SOUČÁSTEK	381
14.1	Osazování a vsazování součástek	381
14.2	Požadavky na pracovní prostředí	384
14.2.1	Čistota prostředí	384
14.2.2	Ochrana elektrostaticky citlivých součástek a zařízení	387
	Literatura	392
15	POUŽDŘENÍ TŘETÍ A VYŠŠÍCH ÚROVNÍ	393
	Literatura	393
16	PERSPEKTIVY POUŽDŘENÍ V ELEKTRONICE A MIKROELEKTRONICE	395
	Literatura	401
17	POUŽITÉ NÁZVOSLOVÍ	403
17.1	Slovník vybraných zkratk z oblasti pouzder elektronických součástek	403
17.2	Slovník vybraných zkratk z oblasti montáže v elektronice	407
17.3	Slovník často užívaných výrazů z oblasti montáže v elektronice	409
18	PŘEHLED SOUVISEJÍCÍCH TECHNICKÝCH NOREM	411
19	OBRAZOVÁ PŘÍLOHA	417
20	REJSTŘÍK	435