

## Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| ÚVOD .....   | 9         |
| <b>1 MODERNÍ MIKROELEKTRONICKÉ TECHNOLOGIE – ZÁKLAD ELEKTRONICKÉHO HARDWARE.....</b>   | <b>10</b> |
| 1.1 TRENDY VE VÝVOJI MIKROELEKTRONICKÝCH TECHNOLOGIÍ.....                              | 10        |
| 1.2 OBLASTI MIKROELEKTRONICKÝCH MONTÁŽNÍCH TECHNOLOGIÍ .....                           | 11        |
| 1.3 CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI MIKROELEKTRONICKÝCH TECHNOLOGIÍ.....                   | 14        |
| <b>2 POLOVODIČOVÉ ČIPY – MOZEK ELEKTRONICKÝCH SYSTÉMŮ.....</b>                         | <b>17</b> |
| 2.1 VÝROBA POLOVODIČOVÝCH ČIPŮ.....  | 17        |
| 2.1.1 <i>Provedení polovodičových čipů.....</i>  | 20        |
| 2.1.2 <i>Elektrické připojování a propojování polovodičových čipů a struktur .....</i> | 22        |
| 2.1.3 <i>Ultrazvukové kontaktování.....</i>  | 23        |
| 2.1.4 <i>Termokompresní kontaktování .....</i>   | 24        |
| 2.1.5 <i>Termosonický způsob kontaktování.....</i>                                     | 25        |
| 2.1.6 <i>Tvarování smyčky a rozložení plošek pro kontaktování .....</i>                | 25        |
| 2.1.7 <i>Kuličkové spoje.....</i>  | 27        |
| 2.2 POUZDŘENÍ POLOVODIČOVÝCH ČIPŮ NA ÚROVNI WAFERU (WLP).....                          | 28        |
| <b>3 PASIVNÍ PRVKY – JAK VYBRAT SPRÁVNOU SOUČÁSTKU .....</b>                           | <b>30</b> |
| 3.1 DEFINICE A ROZDĚLENÍ PASIVNÍCH SOUČÁSTEK .....                                     | 30        |
| 3.2 CHARAKTERISTIKY PASIVNÍCH SOUČÁSTEK .....  | 31        |
| 3.2.1 <i>Rezistory (Resistors) .....</i>   | 33        |
| 3.2.2 <i>Kondenzátory (Capacitors).....</i>  | 35        |
| 3.2.3 <i>Induktory (Inductors).....</i>  | 38        |
| 3.3 OSTATNÍ PASIVNÍ SOUČÁSTKY .....  | 41        |
| <b>4 VRSTVOVÉ TECHNOLOGIE I – TLUSTÉ VRSTVY (THICK FILMS) .....</b>                    | <b>42</b> |
| 4.1 PRINCIP TLUSTOVRSTVOVÉ TECHNOLOGIE .....   | 42        |
| 4.1.1 <i>Depozice tlustých vrstev na substrát .....</i>                                | 42        |
| 4.1.2 <i>Vytvrzení (sintrace) tlustých vrstev.....</i>                                 | 46        |
| 4.2 MATERIÁLY PRO TLUSTÉ VRSTVY .....  | 48        |
| 4.2.1 <i>Cermetové tlusté vrstvy.....</i>  | 48        |
| 4.2.2 <i>Polymerní tlusté vrstvy (Polymer Thick Films).....</i>                        | 50        |
| 4.3 VÍCEVRSTVÉ KERAMICKÉ TECHNOLOGIE A TECHNOLOGIE LTCC.....                           | 54        |
| 4.3.1 <i>Výrobní proces .....</i>  | 56        |
| 4.3.2 <i>Keramická vrstva (Tape).....</i>  | 59        |
| 4.3.3 <i>Propoje a vodivé dráhy (Vias and Conductors).....</i>                         | 60        |
| 4.3.4 <i>Pasivní prvky (Passive elements) .....</i>                                    | 61        |
| 4.3.5 <i>Přínos technologie LTCC .....</i>   | 63        |
| <b>5 VRSTVOVÉ TECHNOLOGIE II – TENKÉ VRSTVY (THIN FILMS) .....</b>                     | <b>64</b> |
| 5.1 ÚVOD DO TENKÝCH VRSTEV .....   | 64        |
| 5.2 FYZIKÁLNÍ METODY VYTVÁŘENÍ TENKÝCH VRSTEV .....                                    | 64        |
| 5.2.1 <i>Vakuové napařování (Vacuum evaporation) .....</i>                             | 64        |
| 5.2.2 <i>Vakuové napařování (Vacuum sputtering).....</i>                               | 66        |
| 5.3 STRUKTURA A VLASTNOSTI TENKÝCH VRSTEV .....  | 68        |
| 5.4 APLIKACE TENKÝCH VRSTEV V ELEKTRONICE .....  | 69        |
| 5.5 NASTAVENÍ HODNOT REZISTORŮ .....   | 72        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>6</b> | <b>PROPOJOVÁNÍ V ELEKTRONICE – JAK REALIZOVAT ELEKTRICKÝ SPOJ</b>   | <b>73</b>  |
| 6.1      | PÁJENÉ SPOJE A BEZOLOV NatÉ PÁJENÍ .....  | 73         |
| 6.1.1    | <i>Pájky a jejich složení</i> .....   | 73         |
| 6.1.2    | <i>Pájecí pasty (Solder pastes)</i> .....   | 76         |
| 6.1.3    | <i>Tavidla pro pájení</i> .....   | 77         |
| 6.1.4    | <i>Pájitelnost povrchů a smáčivost</i> .....  | 78         |
| 6.2      | LEPIDLA A LEPENÉ SPOJE.....   | 82         |
| 6.2.1    | <i>Lepidla pro povrchovou montáž</i> .....  | 83         |
| 6.2.2    | <i>Izotropní vodivá lepidla</i> .....   | 84         |
| 6.2.3    | <i>Anizotropní vodivá lepidla</i> .....   | 85         |
| 6.2.4    | <i>Nanášení lepidel a jejich vytvrzování</i> .....  | 85         |
| <b>7</b> | <b>POUŽŘENÍ A POUZDRA (PACKAGING AND PACKAGES) – NOVÉ MOŽNOSTI V NÁVRHU A REALIZACI ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ</b> ..... | <b>87</b>  |
| 7.1      | POUZDRA A JEJICH VÝVOJ .....  | 87         |
| 7.1.1    | <i>Pouzdra s páskovými vývody</i> .....   | 88         |
| 7.1.2    | <i>Pouzdra s kontaktními ploškami</i> .....   | 90         |
| 7.1.3    | <i>Pouzdra s kulovými vývody</i> .....  | 91         |
| 7.2      | ZÁKLADNÍ TYPY POUZDER.....  | 91         |
| 7.2.1    | <i>Pouzdra SOIC (Small Outline Integrated Circuit)</i> .....  | 92         |
| 7.2.2    | <i>Pouzdra QFP (Quad Flat Package)</i> .....  | 93         |
| 7.2.3    | <i>Pouzdra BGA</i> .....  | 93         |
| 7.2.4    | <i>Pouzdra QFN</i> .....  | 94         |
| 7.2.5    | <i>Pouzdra CSP</i> .....  | 94         |
| 7.3      | MODERNÍ TRENDY POUŽŘENÍ .....   | 96         |
| 7.3.1    | <i>Systém na substrátu (SOB – System on Board)</i> .....  | 96         |
| 7.3.2    | <i>Multičipové moduly (MCM – Multi Chip Module)</i> .....   | 96         |
| 7.3.3    | <i>Systém na čipu (SOC – System on Chip)</i> .....  | 97         |
| 7.3.4    | <i>Systém v pouzdře (SIP – System in Package)</i> .....   | 98         |
| 7.3.5    | <i>Systém na pouzdře (SOP – System on Package)</i> .....  | 99         |
| 7.4      | NÁVRH POUZDRA.....  | 101        |
| 7.4.1    | <i>Elektrický návrh pouzdra</i> .....   | 102        |
| 7.4.2    | <i>Postup při elektrickém návrhu pouzdra</i> .....  | 104        |
| 7.4.3    | <i>Teplotní návrh pouzdra</i> .....   | 105        |
| 7.4.4    | <i>Termomechanický návrh</i> .....  | 105        |
| 7.5      | ZÁKLADY TEPLOTNÍHO MANAGEMENTU .....  | 107        |
| 7.5.1    | <i>Teorie přenosu tepla</i> .....   | 107        |
| 7.5.2    | <i>Vlastnosti tepelného obvodu</i> .....  | 107        |
| 7.5.3    | <i>Náhradní tepelný obvod</i> .....   | 109        |
| 7.6      | POČÍTAČOVÉ SIMULACE TEPLOTNÍHO NAMÁHÁNÍ.....  | 110        |
| 7.6.1    | <i>Teplotní součinitel roztažnosti</i> .....  | 110        |
| 7.6.2    | <i>Simulační program ANSYS</i> .....  | 111        |
| 7.6.3    | <i>Aplikace simulací v oblasti pouzřzení</i> .....  | 113        |
| <b>8</b> | <b>MONTÁŽNÍ A POUZŘÍČÍ TECHNOLOGIE – CESTA K 3D OBVODŮM</b> .....   | <b>116</b> |
| 8.1      | POVRCHOVÁ MONTÁŽ .....  | 116        |
| 8.1.1    | <i>Pájecí pasta a její nanášení</i> .....   | 116        |
| 8.1.2    | <i>Osazování součástek</i> .....  | 118        |
| 8.1.3    | <i>Pájení přetavením</i> .....  | 119        |



|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 8.1.4     | <i>Ochranná atmosféra v procesu pájení</i> .....  | 123        |
| 8.1.5     | <i>Čistění v elektronice</i> .....  | 125        |
| 8.2       | HYBRIDNÍ INTEGROVANÉ OBVODY .....   | 130        |
| <b>9</b>  | <b>NEKONVENČNÍ APLIKACE VRSTVOVÝCH TECHNOLOGIÍ – MOŽNOST UPLATNĚNÍ NOVÝCH PRINCIPŮ V ELEKTRONICE</b> .....    | <b>135</b> |
| 9.1       | DEFINICE OBLASTI NEKONVENČNÍCH APLIKACÍ .....   | 135        |
| 10.2      | SENZORY - JEJICH DEFINICE A VÝVOJ .....   | 135        |
| 9.3       | DĚLENÍ SENZORŮ A JEJICH REALIZACE VRSTVOVÝMI TECHNOLOGIEMI .....  | 138        |
| 9.3.1     | <i>Dělení podle vstupní nebo výstupní veličiny</i> .....  | 139        |
| 9.3.2     | <i>Dělení podle principu převodu</i> .....  | 139        |
| 9.3.3     | <i>Dělení podle chování výstupu</i> .....   | 139        |
| 9.3.4     | <i>Dělení podle převodu neelektrické veličiny</i> .....   | 139        |
| 9.3.5     | <i>Thustovrstvové senzory založené na principu převodu veličin</i> .....                                      | 142        |
| 9.4       | MIKROVLNNÉ PRVKY A OBVODY .....   | 151        |
| 9.5       | ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKY A DISPLEJE .....   | 154        |
| 9.6       | TOPNÉ ELEMENTY .....  | 156        |
| 9.7       | TECHNOLOGIE SÍTOTISKU NA HLINIKOVÝ SUBSTRÁT (IAMS) .....  | 156        |
| 9.8       | ČIPOVÉ EXPANDÉRY .....  | 157        |
| 9.9       | OSTATNÍ APLIKACE.....   | 157        |
| <b>10</b> | <b>ŘÍZENÍ JAKOSTI – NEZBYTNÁ SOUČÁST ELEKTRONICKÝCH VÝROB ..</b>  | <b>158</b> |
| 10.1      | SYSTÉM JAKOSTI A GAUSSOVO ROZDĚLENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI.....   | 158        |
| 10.2      | ZÍSKÁVÁNÍ DAT Z VÝROBNÍHO PROCESU .....   | 160        |
| 10.3      | MATEMATICKÝ PŘÍSTUP K VÝPOČTU HODNOTY PPM.....  | 161        |
| 10.4      | NĚKTERÉ ZÁSADY PRO ZPRACOVÁVÁNÍ A VYHODNOCOVÁNÍ DAT .....   | 161        |
| 10.5      | NÁSTROJE JAKOSTI .....  | 162        |
| 10.6      | PLÁNOVÁNÍ EXPERIMENTU A FAKTOROVÁ ANALÝZA .....   | 166        |
| 10.7      | MEZINÁRODNÍ NORMY ISO.....  | 168        |
| <b>11</b> | <b>ENVIRONMENTÁLNÍ MANAGEMENT A LIDSKÉ ZDRAVÍ – LEGISLATIVNÍ SOUČÁST MODERNÍCH ELEKTRONICKÝCH VÝROB</b> ..... | <b>169</b> |
| 11.1      | ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ A ELEKTROTECHNICKÝ PRŮMYSL.....   | 169        |
| 11.2      | LEGISLATIVA V ČR A V EU.....  | 170        |
| 11.3      | ECO DESIGN – EKOLOGICKÝ NÁVRH VÝROBKU .....   | 173        |
| 11.3.1    | <i>Význam a poslání fáze návrhu výrobku</i> .....   | 175        |
| 11.3.2    | <i>MET matice</i> .....   | 176        |
| 11.3.3    | <i>Výpočet toxicity prvků pomocí kalkulátoru TPI</i> .....  | 177        |
| 11.3.4    | <i>REACH</i> .....  | 178        |
| 11.4      | ELEKTRONIKA A ZDRAVÍ.....   | 180        |
| 11.4.1    | <i>Vlivy elektrických a magnetických polí na lidský organismus</i> .....                                      | 181        |
| 11.4.2    | <i>Ukazatele působení elektrických a magnetických polí</i> .....  | 182        |
|           | <b>SEZNAM VYBRANÝCH MEZINÁRODNÍCH ZKRATEK</b> .....   | <b>186</b> |
|           | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....  | <b>187</b> |