O B S A H

str.

Seznam značek 6

1. ÚVOD (Ing. Lubor Jirásek, CSc.) 14

2. ZÁKLADNÍ TEORETICKÉ VZTAHY DŮLEŽITÉ PRO ČINNOST VÝKONOVÝCH SOUČÁSTEK
(Prof. Ing. Milan Kubát, DrSc.) 19
2.1. Transportní jevy, generace a rekombinace nosičů 19
2.2. Základní rovnice důležité pro činnost polovodičových součástek 23

3. VLASTNOSTI A FUNKCE PŘECHODU PN, PŘECHODU POLOVODIČ-KOV A JEDNODUCHÝCH STRUKTUR 29
3.1. Pásové schéma přechodu PN a přechodu polovodič-kov
(velikost difúzního napětí, Shockleyova teorie přechodu PN,
teoretická VA charakteristika, vlastnosti spoje kov-polovodič)
(Prof. Ing. Milan Kubát, DrSc.) 29
3.2. Propustné vlastnosti (Ing. Lubor Jirásek, CSc.) 39
3.3. Závěrné vlastnosti (lavinový průraz, tunelový jev, Zenerův průraz)
(Ing. Lubor Jirásek, CSc.) 47
3.4. Přechod PN na povrchu krystalu (Ing. Bohumil Pína) 54
3.4.1. Fyzikální model povrchu krystalu reálného polovodiče 54
3.4.2. Povrchová rekombinace 55
3.4.3. Rozložení intenzity elektrického pole v objemu a na povrchu
přechodu PN 56
3.4.4. Pozitivní zkosení povrchu přechodu PN 57
3.4.5. Negativní zkosení povrchu přechodu PN 58
3.4.6. Řešení geometrie povrchu přechodu PN hlubokým zaleptáním .. 59
3.4.7. Řešení povrchu planárních přechodů PN , řešení planárními
prstenci 59
3.4.8. Aplikace iontové implantace v řešení povrchu přechodu PN 60
3.4.9. Pasivace povrchu přechodu PN 60
3.5. Souhrnné provedení diodové struktury (vysokonapěťové usměrňovací
diody, rychlé diody, velmi rychlé diody, EPI dioda)
(Ing. Bohumil Pína) 61
3.5.1. Závěrné vlastnosti diodových struktur 63
3.5.2. Propustná voltampérová charakteristika diodové struktury ... 64
3.5.3. Dynamické vlastnosti - zapínací proces 64
3.5.4. Dynamické vlastnosti - vypínací proces 65
3.5.5. Řízení rekombinačních vlastností 67
3.5.6. Schottkyho dioda 67
3.5.7. Lavinová dioda 68

4. BIPOLÁRNÍ TRANZISTOR (Ing. Libor Kalenda) 73
4.1. Úvod 73
4.2. Princip funkce a proudový zesilovací činitel 74
4.3. Charakteristiky tranzistorů 75
4.3.1. Statické charakteristiky tranzistorů 75
4.3.2. Dynamické charakteristiky tranzistorů při vypínání 78
4.4. Zapínací a vypínací vlastnosti tranzistorů 79

4.5. Darlingtonovo zapojení 82
4.6. Výkonové tranzistory 82
4.6.1. Konstrukce 82
4.6.2. Druhý průraz 83
4.6.3. Vzájemná souvislost parametrů 84
4.6.4. Současná úroveň parametrů a směr dalšího vývoje 85

5. TYRISTOR (Ilja Müller, p.f.) 87
5.1. Tyristor jako spínač (sepnutí tyristoru, vypnutí tyristoru, řízení výkonu pomocí spínače a ideální spínač) 87
5.2. Struktura tyristoru 90
5.3. Závěrný režim 93
5.4. Blokovací režim (dvoutranzistorová analogie čtyřvrstvé struktury, odvození blokovací charakteristiky, blokovací charakteristika reálného tyristoru) 95
5.5. Propustný režim (přídržný a vratný proud, rozšiřování sepnutého stavu) 99
5.6. Dynanické parametry (doba zpoždění, kritická strmost nárůstu propustného proudu, kritická strmost nárůstu blokovacího napětí, vypínací doba) 103
5.7. Konfliktnost požadavků (zvýšení tloušťky základní vrstvy N_1, snížení doby života, účinnost mikrosvodů) 109

6. SPECIÁLNÍ TYRISTOROVÉ STRUKTURY (RNDr. Jaroslav Homola, CSc.) 112
6.1. Rychlý tyristor 112
6.1.1. Zapínací doba a dI_T/dt 112
6.1.2. Vypínací doba a dU_D/dt 113
6.2. Středofrekvenční tyristor 115
6.2.1. Rychlost šíření sepnutého stavu 115
6.2.2. Rozčleněná struktura emitoru 116
6.3. Tyristor typu GATT 117
6.4. Vypínací tyristor (GTO) 119
6.4.1. Jednorozměrný model vypínání GTO 119
6.4.2. Příčné jevy ve struktuře GTO 120
6.5. Zpětně propustný tyristor (RCT) 122
6.5.1. Asymetrický tyristor (ASCR) 123
6.5.2. Integrace tyristoru s antiparalelní diodou 123
6.6. Triak 124
6.7. Fototyristor a optotyristor 126
6.7.1. Vysokovýkonový světlem spínaný tyristor 126
6.8. Bezpotenciálové moduly 127
6.9. Relé v pevné fázi 128
6.10. Tabulka užití tyristorových struktur 129
6.11. Vývojové tendence 130

7. VÝKONOVÉ SOUČÁSTKY ŘÍZENÉ ELEKTRICKÝM POLEM (Ing. Lubor Jirásek, CSc.) 132
7.1. Součástky s hradlem tvořeným přechodem PN 132
7.2. Součástky s izolovaným hradlem (MIS , MOS) 134

8. POUZDŘENÍ VÝKONOVÝCH SOUČÁSTEK (Ing. Jiří Plíva) 137
8.1. Typy pouzder 137
8.2. Jednostranně chlazená pouzdra 137
8.3. Oboustranně chlazená pouzdra 138
8.4. Speciální typy pouzder 139
8.5. Technologie zapouzdřování 141
8.6. Připojování vývodů a povrchová ochrana 144
8.7. Životnost a spolehlivost 145
8.7.1. Vliv zapouzdřování na životnost 146
8.7.2. Zkoušky životnosti a bezporuchovosti 146

9. PROUDOVÉ ZATĚŽOVÁNÍ A CHLAZENÍ VÝKONOVÝCH POLOVODIČOVÝCH SOUČÁSTEK 150
(Ing. Michal Pellant) 150
9.1. Vznik tepla při provozu výkonových polovodičových součástek 150
9.2. Provozní podmínky výkonových polovodičových součástek z tepelného hlediska 151
9.3. Způsob odvodu tepla, tepelné odpory, náhradní schéma 151
9.3.1. Tepelné náhradní schéma polovodičové součástky a chladiče .. 151
9.3.2. Oteplovací funkce polovodičové součástky a chladiče 152
9.3.3. Tranzientní tepelná impedance pro konstantní ztrátový výkon 153
9.3.4. Tranzientní tepelná impedance pro pulzující ztrátový výkon 154
9.4. Druhy chladičů výkonových polovodičových součástek 162
9.5. Nové způsoby chlazení - tepelné trubice 162
9.6. Princip činnosti a rozdělení tepelných trubic 164
9.7. Způsob uspořádání tepelných zdrojů ve skříni 165
9.8. Systémy chlazení skříní 166

10. VLASTNOSTI A OCHRANA VÝKONOVÝCH POLOVODIČOVÝCH SOUČÁSTEK V ELEKTRONICKÝCH OBVODECH (Ing. Jaroslav Klápště) 169
10.1. Ochrany diod a tyristorů 169
10.1.1. Ochrany proti přepětí 169
10.1.1.1. Ochrany s RC členy 169
10.1.1.2. Ochrany s varistory 170
10.1.1.3. Ochrany s lavinovými diodami 171
10.1.2. Ochrany proti nadproudům 172
10.1.3. Pomocné obvody pro sériové a paralelní řazení součástek .. 172
10.1.3.1. Sériové řazení 172
10.1.3.2. Paralelní řazení 173
10.1.4. Jištění proti strmosti nárůstu blokovacího napětí 174
10.1.5. Jištění proti strmosti nárůstu propustného proudu 174
10.2. Ochranné a pomocné obvody plně řiditelných polovodičových součástek 174
10.2.1. Ochranné a pomocné obvody pro spínací tranzistory 174
10.2.1.1. Odlehčovací obvody 174
10.2.1.2. Ochrany proti přepětí 176
10.2.1.3. Ochrany proti nadproudům 176
10.2.1.4. Antisaturační obvody 177
10.2.1.5. Požadavky na řídicí signály 178
10.2.2. Ochranné a pomocné obvody pro vypínací tyristory 179