

Obsah

Předmluva	iv
Úvod	v
1 Konformní zobrazení a metodika jeho použití v mikrovlnné technice	1
1.1 Funkce komplexní proměnné, její geometrický význam, konformní zobrazení	1
1.2 Základní principy použití metody konformního zobrazení v mikrovlnné technice	3
1.3 Průběh elektromagnetického pole vlny TEM při konformní transformaci	5
1.4 Invarianty konformního zobrazení	6
1.5 Schwarzova-Christoffelova transformace	8
2 Nesymetrické páskové vedení (unsymmetrical stripline)	11
2.1 Široké páskové vedení – konformní transformace	12
2.2 Úzké páskové vedení – konformní transformace	19
2.3 Průběh elektromagnetického pole TEM v nesymetrickém páskovém vedení	22
2.4 Charakteristická impedance nesymetrického páskového vedení	23
2.4.1 Široké páskové vedení	24
2.4.2 Úzké páskové vedení	26
2.5 Činný výkon přenášený vlnou TEM	26
2.6 Měrný útlum nesymetrického páskového vedení	28
2.6.1 Široké páskové vedení	29
2.6.2 Úzké páskové vedení	30
2.7 Vlnovodové vidy v nesymetrickém páskovém vedení, pásmo jednovidovosti ..	31
3 Symetrické páskové vedení (symmetrical stripline)	32
3.1 Konformní zobrazení	32
3.2 Průběh elektromagnetického pole TEM	34
3.3 Charakteristická impedance symetrického páskového vedení	35
3.4 Činný výkon přenášený vlnou TEM	36
3.5 Měrný útlum symetrického páskového vedení	36
3.6 Vlnovodové vidy, pásmo jednovidovosti	37
4 Nesymetrické mikropáskové vedení (microstrip line)	38
4.1 Efektivní permitivita	38
4.1.1 Široké mikropáskové vedení	39
4.1.2 Úzké mikropáskové vedení	42
4.2 Fázová rychlost, skupinová rychlost a délka vlny v mikropáskovém vedení	43
4.3 Charakteristická impedance nesymetrického mikropáskového vedení	43

4.4 Činný výkon přenášený vlnou kvazi-TEM	45
4.5 Měrný útlum nesymetrického mikropáskového vedení	46
4.6 Vlnodové vidy, disperze vlny kvazi-TEM	48
5 Symetrické mikropáskové vedení (stripline)	51
6 Složená (vícevrstvá) mikropásková vedení (multilayer microstrips)	52
6.1 Zobecněné mikropáskové vedení	53
6.2 Mikropáskové vedení s překryvnou dielektrickou vrstvou	55
6.3 Mikropáskové vedení na dvojvrstvé dielektrické podložce	60
6.4 Mikropáskové vedení s mnohvrstvým dielektrikem – obecný případ	65
7 Zvláštní typy mikropáskových vedení	69
7.1 Nesymetrické mikropáskové vedení s šířkově omezenou podložkou	69
7.1.1 Konformní zobrazení	69
7.1.2 Řešení s využitím eliptické aproximace	70
7.1.3 Řešení s využitím parabolické aproximace	72
7.2 Nesymetrické mikropáskové vedení s šířkově omezenou zemní deskou	75
7.3 Nesymetrické mikropáskové vedení s šířkově omezenou dielektrickou podložkou i zemní deskou	78
7.4 Mikropáskové vedení na okraji dielektrické podložky – efekt blízkosti	79
7.5 Lichoběžníkové mikropáskové vedení	82
7.6 Mikropáskové vedení na segmentované dielektrické podložce	85
7.7 Stíněná mikropásková vedení	88
7.7.1 Řešení s využitím běžných konformních transformací	88
7.7.2 Řešení s modifikovaným typem konformní transformace	90
8 Koplanární vlnovody a koplanární vedení (coplanar waveguides and coplanar strips)	95
8.1 Nesymetrický koplanární vlnod (NCPW)	96
8.1.1 Konformní zobrazení	96
8.1.2 Charakteristická impedance nesymetrického koplanárního vlnodou	97
8.1.3 Efektivní permitivita nesymetrického koplanárního vlnodou	98
8.2 Symetrický koplanární vlnod (SCPW)	103
8.3 Nesymetrické koplanární vedení (NCPS)	106
8.4 Symetrické koplanární vedení (SCPS)	107
8.5 Měrný útlum koplanárních vlnodů a koplanárních vedení	107
9 Složené (vícevrstvé) koplanární vlnovody (multilayer coplanar waveguides) ...	108
9.1 Obecné řešení	108
9.2 Sendvičový nesymetrický koplanární vlnod	110
9.3 Koplanární vlnod na dvojvrstvé podložce	110
9.4 Koplanární vlnod na dvojvrstvé podložce s překryvnou vrstvou	112
10 Zvláštní typy koplanárních vedení a vlnodů	113
10.1 Koplanární vlnod s šířkově omezenými zemními deskami	113
10.2 Koplanární vlnod s pokovenou dielektrickou podložkou	115

10.3 Koplanární vlnovod s horní stínicí deskou	117
10.4 Koplanární vlnovod s pokovenou podložkou a horní stínicí deskou	118
10.5 Koplanární vedení s pokovenou zúženou podložkou ve tvaru V	119
10.6 Mikro-koplanární vedení	122
10.6.1 Základní vlastnosti	122
10.6.2 Disperze a útlumové charakteristiky	123
10.6.3 Vícevrstvá mikro-koplanární vedení	125
10.6.4 Mikro-koplanární vedení s pokovenou dielektrickou podložkou	127
10.7 Koplanární vedení s izolačními zemními deskami	128
10.8 Mikrostíněné koplanární vlnovody	129
10.8.1 Mikrostíněný symetrický koplanární vlnovod obdélníkového průřezu ..	130
10.8.2 Mikrostíněný nesymetrický koplanární vlnovod průřezu V	133
11 Štěrbinové vedení (slotline)	137
11.1 Konformní zobrazení	137
11.2 Efektivní permitivita	139
11.3 Kmitočtově závislý model, disperze štěrbinového vedení	141
11.4 Složené (vícevrstvé) štěrbinové vedení	142
Závěr	145
Seznam literatury	147
Příloha A Úplné eliptické integrály – některé vlastnosti a výpočet	159
Rejstřík	162

Mezi metody vycházející z předpokladu vlny kvazi-TEM patří např. metoda konečných prvků, variací metoda v rovině Fourierových obrazů nebo – v běžné praxi nejužívanější – metoda konformního zobrazení. Zejména tato metoda přitom vyniká relativně jednoduchým matematickým zpracováním a poskytuje názorná a dobře fyzikálně interpretovatelné výsledky v analytickém tvaru, příp. s využitím pouze jednoduchých numerických postupů. Uvedenou metodou lze tak získat analytické vztahy přímo použitelné pro analýzu i pro syntézu vlátných mikrovlnných plánárních struktur. Získané vztahy přitom popisují obecnou závislost daného dielektrického parametru plánární struktury na jejich technologických, materiálových a rozměrových parametrech, příp. – při použití disperzních modelů – i na kmitočtu přenášené elektromagnetické vlny.