

SPIS TREŚCI

Strona

Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów	7
Wstęp	11
1. Zakres i zastosowania mikrofal	13
1.1. Zakres mikrofal	13
1.2. Właściwości zakresu mikrofal	13
1.3. Przykłady systemów mikrofalowych	15
2. Podstawy teoretyczne	17
2.1. Równania Maxwella	17
2.2. Równania falowe i ogólne właściwości przewodnic falowych	20
2.3. Przewodnice TEM	21
2.4. Współczynnik odbicia, fale stojące, współczynnik fali stojącej	24
2.5. Przewodnice TE i TM	25
2.6. Macierz współczynników rozproszenia	27
3. Technologie realizacji układów mikrofalowych	29
3.1. Realizacja układów mikrofalowych z wykorzystaniem metod obróbki mechanicznej	29
3.2. Technologia elektroformowania	30
3.3. Technologia hybrydowych mikrofalowych układów scalonych	30
3.3.1. Cienkowarstwowe HMUS	31
3.3.2. Grubowarstwowe HMUS	33
3.3.3. Układy wielowarstwowe wykorzystujące technologię HMUS	34
3.4. Monolityczne mikrofalowe układy scalone (MMUS)	35
3.4.1. Podłoża do MMUS	36
3.4.2. Zarys procesu realizacji MMUS	37
3.5. Technologia MEMS	39
4. Najważniejsze przewodnice falowe	41
4.1. Linia współosiowa	41
4.2. Linie symetryczne	43
4.3. Sprzężone linie symetryczne	44
4.4. Niesymetryczne linie paskowe	46
4.5. Sprzężone niesymetryczne linie paskowe	48
4.6. Zawieszane niesymetryczne linie paskowe	48
4.7. Zawieszane symetryczne linie paskowe	49
4.8. Falowody koplanarne	50
4.9. Linie szczelinowe	51

4.10. Falowody prostokątne.....	52
4.11. Falowody grzbietowe.....	56
4.12. Falowody cylindryczne.....	56
4.13. Linie płetwowe	57
5. Nieciągłości w przewodnicach falowych.....	58
5.1. Pojęcie nieciągłości przewodnicy.....	58
5.2. Przykłady nieciągłości w liniach współosiowych	59
5.3. Nieciągłości w niesymetrycznych liniach paskowych (NLP)	61
5.3.1. Rozwarcie NLP	61
5.3.2. Przerwa w NLP.....	61
5.3.3. Skokowa zmiana szerokości NLP	62
5.3.4. Skompensowane zagięcie NLP pod kątem prostym	62
5.3.5. Symetryczne rozgałęzienie T	63
5.4. Przykłady nieciągłości w falowodach prostokątnych	64
6. Elementy pasywne o stałych skupionych w zakresie mikrofal	66
6.1. Rezystory.....	66
6.2. Kondensatory.....	68
6.2.1. Kondensatory SMT	68
6.2.2. Kondensatory metal-izolator-metal (MIM)	69
6.2.3. Kondensatory palczaste	70
6.3. Induktory.....	70
6.3.1. Induktory SMT	70
6.3.2. Planarne induktory spiralne	71
7. Elementy pasywne o stałych rozłożonych	73
7.1. Kondensatory.....	73
7.2. Induktory.....	74
7.3. Transformatory impedancji.....	74
7.4. Rezonatory.....	75
7.4.1. Rezonatory liniowe	75
7.4.2. Rezonatory wnękowe.....	77
8. Przegląd metod analizy i modelowania liniowych układów mikrofalowych	79
8.1. Analiza przy użyciu macierzy współczynników rozproszenia	79
8.2. Analiza komputerowa przy użyciu programów symulacji obwodowej.....	80
8.3. Modelowanie komputerowe przy użyciu programów symulacji elektromagnetycznej	81
8.3.1. Metoda różnic skończonych	81
8.3.2. Metoda momentów	82
9. Jednowrotniki	84

10. Dwuwrotniki	86
10.1. Tłumiki rezystancyjne.....	86
10.2. Transformatory standardu.....	87
10.3. Układy dopasowujące.....	89
10.3.1. Dopasowanie za pomocą odcinka przewodnicy falowej.....	90
10.3.2. Dopasowanie przez dostrojenie i transformację rezystancji.....	90
10.3.3. Dopasowanie z wykorzystaniem sęka dostrajającego.....	91
10.3.4. Przykład układu dopasowującego o większej szerokości pasma.....	92
11. Trójwrotniki	94
11.1. Dzielniki/sumatory sygnałów.....	94
11.1.1. Trójwrotowe rozgałęzienia przewodnic falowych.....	94
11.1.2. Trójwrotowe zrównoważone dzielniki/sumatory sygnałów mikrofalowych.....	94
11.2. Symetryzatory mikrofalowe (baluny).....	97
11.2.1. Właściwości i zastosowania symetryzatorów.....	97
11.2.2. Symertyzator pętlowy.....	98
11.2.3. Balun Marchanda.....	98
11.2.4. Symetryzator wykorzystujący profilowane przejście z niesymetrycznej linii paskowej na symetryczną zawieszoną linię paskową.....	99
11.2.5. Symetryzator wykorzystujący połączenie niesymetrycznej linii paskowej z linią szczelinową.....	100
11.2.6. Balun wykorzystujący połączenie falowodu koplanarnego z linią szczelinową.....	101
11.3. Cyrkulatory trójwrotowe.....	101
12. Wielowrotniki	103
12.1. Sprzęgacze kierunkowe.....	103
12.1.1. Właściwości i zastosowania sprzęgaczy kierunkowych.....	103
12.1.2. Falowodowe sprzęgacze kierunkowe.....	104
12.1.3. Pierścień hybrydowy.....	106
12.1.4. Sprzęgacze gałęziowe.....	107
12.1.5. Sprzęgacze zbliżeniowe.....	110
12.1.6. Sprzęgacze Langego.....	112
12.1.7. Pierścieniowe 3 dB sprzęgacze mikropaskowo-szczelinowe.....	112
12.1.8. Sprzęgacze 0 dB.....	113

12.2. Wielowrotowe dzielniki/sumatory sygnałów	114
12.2.1. Zwiększanie liczby wrót przez łączenie dzielników trójwrotowych.....	114
12.2.2. Dzielniki Nagai.....	115
12.3. Matryce Butlera	116
13. Filtry	118
13.1. Przeznaczenie i rodzaje filtrów mikrofalowych.....	118
13.2. Filtry dolnoprzepustowe (FDP)	120
13.3. Filtry górnoprzepustowe (FGP)	125
13.4. Filtry pasmowoprzepustowe (FPP).....	126
13.5. Filtry pasmowozaporowe (FPZ)	132
13.6. Filtry kierunkowe (FKR)	134
13.7. Multipleksery.....	136
13.7.1. Właściwości multiplekserów.....	136
13.7.2. Multipleksery z pasmami bezpieczeństwa	137
13.7.3. Multipleksery z pasmami przylegającymi.....	139
14. Mikrofalowe wzmacniacze słabych sygnałów	140
14.1. Tranzystory do mikrofalowych wzmacniaczy słabych sygnałów	140
14.2. Zasady projektowania liniowych mikrofalowych wzmacniaczy tranzystorowych	141
14.2.1. Stabilność mikrofalowych wzmacniaczy tranzystorowych....	141
14.2.2. Współczynnik szumów mikrofalowych wzmacniaczy tranzystorowych.....	143
14.2.3. Wzmacniacze zrównoważone	146
14.2.4. Wzmacniacze rozłożone	147
Literatura	149