

Werner Bächtold

Mikrowellentechnik

Kompakte Grundlagen für das Studium

Mit 211 Abbildungen

Herausgegeben von Otto Mildenerger



Inhalt	Seite
1 Resonatoren	1
1.1 Resonatorparameter	1
1.2 Leitungsresonatoren	2
1.2.1 Die leerlaufende $\lambda/4$ -Leitung	2
1.2.2 Die kurzgeschlossene $\lambda/4$ -Leitung	6
1.2.3 Skalierung von Leitungsresonatoren	6
1.3 Belastete Güte eines Resonators	7
1.4 Ausführungen von koaxialen Leitungsresonatoren und Ankopplung	8
1.5 Dimensionierung von Mikrostreifenresonatoren	9
1.6 Hohlraumresonatoren	10
1.7 Der dielektrische Resonator	11
Literatur	13
2 Filter	14
2.1 Filterentwurf mit Butterworth- und Tschebyscheff-Standardtiefpässen	15
2.1.1 Allgemeine Eigenschaften von LC-Zweitoren	15
2.1.2 Normierte Butterworth- und Tschebyscheff-Tiefpassfilter	16
2.1.3 Tabellierte Butterworth- und Tschebyscheff-Standardtiefpässe	18
2.1.4 Frequenztransformierte Filter	22
2.2 Exakte Synthese von Leitungsfiltern	23
2.2.1 Anwendung der Richards-Transformation für die Realisierung von Tiefpässen mit Leitungselementen.	25
2.2.2 Realisierung von Mikrostreifenfiltern mit Kuroda-Transformation	27
2.2.3 Kommensurable Leitungsfilter als Bandpässe	32
2.3 Entwurf von schmalbandigen Bandpässen mit Resonatoren und Impedanzinvertern	36
2.3.1 Transformation eines Tiefpass-Prototyps zum Bandfilter	36
2.3.2 Impedanz- und Admittanzinverter als Filterelemente	39
2.3.3 Realisierung von Impedanz- und Admittanzinvertern	42
2.3.4 Symmetrisches Bandpassfilter mit zwei kapazitiv gekoppelten LC-Resonatoren	43
2.3.5 Bandpassfilter mit zwei kapazitiv gekoppelten $\lambda/2$ -Leitungsresonatoren	47
2.3.6 Bandpass mit gekoppelten Mikrostreifenleitungen	52
2.3.7 Dimensionierung von schmalbandigen Bandpassfiltern mit Leitungselementen als Impedanzinverter	53
2.4 Kommensurable Mikrostreifenfilter	56
Literatur	58
3 Antennen	59
3.1 Antennentypen und Strahlungsdiagramme	59

3.2 Richtfaktor, Antennengewinn und Absorptionsfläche	63
3.3 Streckendämpfung einer Richtfunkverbindung	65
3.4 Reziprozität von Sende- und Empfangsantennen	66
3.5 Antennensysteme und multiplikatives Gesetz	68
3.6 Der Hertzsche Dipol und die Stabantenne	70
3.6.1 Der Hertzsche Dipol, das retardierte Vektorpotential	70
3.6.2 Strahlungseigenschaften des Hertzschen Dipols und der Stabantenne	74
3.6.3. Yagi-Uda-Antenne	78
3.7 Der Aperturstrahler	80
3.8 Mikrostreifenantennen	87
3.8.1 Das Leitungsmodell der Mikrostreifenantenne (Transmission Line Model)	88
3.8.2 Der elektrische Aperturstrahler (Schlitzstrahler)	89
3.8.3 Bestimmung der abgestrahlten Leistung und des Strahlungswiderstandes	92
3.8.4 Kapazität der strahlenden Kante der Schlitzantenne, Antenneneingangsadmittanz	93
Literatur	94
4 Computergestützter Entwurf von Mikrowellenschaltungen (CAD)	95
4.1 Ansprüche an ein Netzwerkanalyse- und Netzwerksyntheseprogramm für lineare Schaltungen im Frequenzbereich	96
4.2 Der computergestützte Entwurf	97
4.3 Analyse	98
4.4 CAD-Modelle von Bauelementen der Hochfrequenztechnik	98
4.5 Optimierung	100
4.6 Toleranzanalyse	103
4.6.1 Worst case-Analyse	103
4.6.2 Sensitivitätsanalyse	104
4.6.3 Monte Carlo-Analyse	104
4.7 Analyse von nichtlinearen Netzwerken im Zeitbereich	105
4.8 Analyse von nichtlinearen Netzwerken im Frequenzbereich	106
Literatur	108
5 Grundlagen der Höchsthochfrequenzhalbleitertechnik	109
5.1 Halbleiterkristalle	109
5.2 Bandlücke und Bandstruktur	112
5.3 Dotierung, Halbleiter im thermischen Gleichgewicht	116
5.4 Driftstrom, Trägerbeweglichkeit und Streuprozesse	118
5.5 Diffusionsstrom, Transportgleichungen	121

5.6 Rekombination, Generation, Kontinuitätsgleichung	123
5.7 Minoritätsträgerinjektion	124
5.8 Technische Anwendung verschiedener Halbleiter	126
Literatur	126
6 Halbleiterdioden der Hochfrequenztechnik	127
6.1 Die pn-Diode	127
6.1.1 Die Strom-Spannungscharakteristik der idealen pn-Diode	129
6.1.2 Die Sperrschichtkapazität der pn-Diode	134
6.1.3 Die Diffusionskapazität der pn-Diode	136
6.2 Die Schottky-Diode	137
6.2.1 Strom-Spannungscharakteristik der Schottky-Diode	140
6.2.2 Die Sperrschichtkapazität der Schottky-Diode	142
6.2.3 Aufbau und Ersatzschaltung	143
6.3 Die Varaktordiode	145
6.3.1 Ersatzschaltbild und Grenzfrequenz	147
6.4 Die PIN-Diode	148
6.4.1 Aufbau und Funktionsweise	148
6.4.2 Ersatzschaltbild	153
6.5 Die Ladungsspeicherdiode	153
Literatur	156
7 Rauschverhalten von passiven und aktiven Bauelementen	157
7.1 Grundlagen der statistischen Signalbeschreibung	157
7.2 Lineare Übertragung eines Gaußschen Rauschsignals	161
7.3 Korrelierte Rauschquellen	162
7.4 Thermisches Rauschen	164
7.5 Lineare rauschende Zweitore	165
7.5.1 Spektrale Rauschzahl und Rauschtemperatur eines Zweitores	166
7.5.2 Die Rauschzahl als Funktion der Quellenadmittanz	168
7.6 Rauschquellen in Halbleiterbauelementen	169
7.6.1 Die Schrotrauschquelle in Halbleiterdioden	169
7.6.2 Funkelrauschen ($1/f$ -Rauschen)	171
7.7 Auswirkungen des Rauschens auf Signale	171
Literatur	172
8 Detektoren und Mischer	173
8.1 Detektoren	173
