

Werner Bächtold

# Mikrowellen elektronik

Komponenten, System-  
und Schaltungsentwurf

Mit 212 Abbildungen

Herausgegeben von Otto Mildenerger

uni-script



# Inhaltsverzeichnis

Seite

<b>1 Aktive Halbleiterbauelemente der Mikrowellentechnik</b>	<b>1</b>
1.1 Bipolartransistoren	1
1.1.1 Funktionsweise des Bipolartransistors, das Ebers-Moll-Modell	1
1.1.2 Kleinsignal-Hochfrequenzverhalten von Bipolartransistoren	10
1.1.3 Rauschverhalten von Bipolartransistoren	18
1.1.4 Leistungs-Bipolartransistoren	19
1.2 Heterobipolartransistoren	22
1.3 Gallium-Arsenid-Feldeffekt-Transistoren	25
1.3.1 Einleitung	25
1.3.2 Aufbau und Funktionsweise von Gallium-Arsenid-Feldeffekt-Transistoren	26
1.3.3 Shockley-Modell des Feldeffekt-Transistors	29
1.3.4 Grenzen des idealen MESFET-Modells, Kurzkanaleffekte, CAD-Modelle	36
1.3.5 Kleinsignaleigenschaften des MESFET	40
1.3.6 Rauscheigenschaften des MESFET	44
1.3.7 GaAs-MESFET-Leistungstransistoren	46
1.4 High Electron Mobility Transistor HEMT	49
1.4.1 HEMT-Heterokontakt	50
1.4.2 Aufbau und Funktionsweise des HEMT	52
1.4.3 Kleinsignaleigenschaften	56
1.5 Halbleiterlaser	58
1.5.1 Stimulierte Emission	59
1.5.2 Laser-Doppelheterostruktur, Laserresonator	62
1.5.3 Oszillationsbedingung, differentieller Quantenwirkungsgrad	64
1.5.4 Laserspektrum	66
1.5.5 Dynamische Verhalten, Ratengleichungen des Halbleiterlasers	68
Literatur	77
<b>2 Mikrowellen-Halbleiterverstärker</b>	<b>79</b>
2.1 Einleitung	79
2.2 Verstärkungs- und Stabilitätseigenschaften linearer und verstärkender Zweitoren	80
2.2.1 Betriebsverstärkung	80
2.2.2 Stabilität von Zweitorverstärkern	83
2.2.3 Weitere gebräuchliche Definitionen der Leistungsverstärkung	87
2.2.4 Rauschverhalten von Verstärkern	90
2.3 Entwurf von Transistor-Mikrowellen Verstärkern	92
2.3.1 Transistorgrundschaltungen	93
2.3.2 Elemente von Mikrowellenverstärkern	96
2.3.3 Zusammengeschaltete Verstärker	103
2.4 Nichtlineares Verhalten von Mikrowellenverstärkern	106
2.4.1 Überblick	106

2.4.2 Analyse von nichtlinearen Schaltungen	110
2.4.3 Kaskadierung von schwach nichtlinearen Zweitoren	117
Literatur	120
<b>3 Mikrowellenoszillatoren und Synthesizer</b>	<b>121</b>
3.1 Oszillationsbedingung, Zweipolososzillatoren	122
3.2 Oszillatoren mit aktiven Zweitoren	126
3.3 Rauschverhalten von Oszillatoren	130
3.4 Phasenregelkreise	136
3.4.1 Phasen-Frequenz-Diskriminatoren	143
3.4.2 Phasenregelkreis mit digitalem Phasen-Frequenz-Diskriminator	146
3.5 Rauschverhalten von PLL-stabilisierten Oszillatoren	147
3.6 Verschiedene Synthesizertypen	149
3.6.1 Nichtganzzahlige Frequenzteilung mit umschaltbarem Vorteiler	149
3.6.2 Ganzzahlige programmierbare Frequenzteilung mit umschaltbarem Vorteiler	151
3.6.3 Mehrschleifige Synthesizer	152
3.6.4 Digitale Synthesizer	154
Literatur	155
<b>4 Monolithisch integrierte Mikrowellenschaltungen</b>	<b>156</b>
4.1 Gallium-Arsenid-MESFET-Technologie	159
4.2 Leitungen und andere passive Elemente von MMICs, Massekontakt	160
4.2.1 Überspannungsschutz auf dem Chip	167
4.3 Typen von monolithischen Mikrowellenschaltungen	167
4.4 Schaltungselemente von monolithischen Mikrowellenschaltungen	168
4.4.1 Cascodeschaltung, hochohmige aktive Last	169
4.4.2 Schaltungen zur Herstellung von Speisespannungen und Speiseströmen	171
4.4.3 MMIC-Verstärkerschaltungen	172
4.4.4 Schalter und Phasenschieber	176
4.4.5 Mischerschaltungen mit MESFETs	179
4.4.6 Digitale Schaltungen mit MESFETs und HEMTs	186
Literatur	189
<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>191</b>