

Dipl.-Ing. Frauke Steinhagen, Darmstadt

**Schnelle AlGaInAs/InP
Multi-Quantentopf-Laser-
dioden bei 1.55 μm Wellen-
länge für die digitale
optische Nachrichtenüber-
tragung bei hohen Bitraten**

Reihe **9**: Elektronik

Nr. **245**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Statische und dynamische Eigenschaften der MQW-Laserdiode	6
2.1 Grundlegende analytische Beschreibung der MQW-Laserdiode	6
2.1.1 Elektrisches Verhalten	6
2.1.2 Optische Wellenführung in vergrabenen Laserstrukturen	7
2.1.3 Optoelektronische Wechselwirkung	8
2.1.4 Ratengleichungen	11
2.1.5 Rauschverhalten	12
2.2 Das Design schneller MQW-Laserdioden	14
2.2.1 Begrenzungen des dynamischen Verhaltens	14
2.2.2 Möglichkeiten der Optimierung	17
2.2.3 AlGaInAs im Vergleich zu GaInAsP als Barrierenmaterial	21
für schnelle Laserdioden bei 1.55 μ m	
3 Technologieentwicklung	23
3.1 Epitaxie und Schichtqualität	23
3.1.1 AlGaInAs/InP: Materialsystem und Eigenschaften	23
3.1.2 Allgemeiner Schichtaufbau	24
3.1.3 Epitaxieverfahren zur Herstellung der Laserschichtfolgen	26
3.1.4 Charakterisierung der Schichtenfolgen	28
3.1.4.1 Strukturierungsfreie Charakterisierung	28
3.1.4.2 Schwellenstromdichtemessungen an Breitstreifenlasern	31
3.2 Technologie vergrabener AlGaInAs/InP-Pilzstreifenlaser	37
3.2.1 Laserstrukturen	37
3.2.2 Technologieprozeß vergrabener Pilzstreifenlaser	39
3.2.3 Selektives naßchemisches Ätzen der aktiven Region	42
3.2.4 Einbettung der Pilzstreifenlaser	44
3.2.4.1 Hydrid-VPE für vergrabene Pilzstreifenlaser	45
3.2.4.2 Blockschichten gegen räumliche Leckströme	48
3.2.5 Planare Kontaktgeometrie	49

4 Strukturoptimierung an FP-Laserdioden	51
4.1 Charakterisierung der Bauelemente	51
4.2 Leckströme	54
4.2.1 Identifizierung des dominanten Leckpfades	57
4.2.2 Gegenmaßnahmen	59
4.3 Ladungsträgerdynamik in Pilzstreifen-Laserdioden	64
4.3.1 Ladungsträgerdynamik in der aktiven Region	64
4.3.2 Elektrische Kleinsignaleigenschaften der Pilzstreifen-Laserdiode	71
5 AlGaInAs/InP Pilzstreifen-DFB-Laserdioden	80
5.1 Design und Verhalten indexgekoppelter DFB-Laserdioden	80
5.2 Experimentelle Ergebnisse	85
5.2.1 Messungen im statischen Betrieb	85
5.2.2 Messungen von frequenzabhängigen Kenngrößen	87
5.3 Parameterextraktion mittels Simulation des Laserverhaltens	90
5.3.1 Simulationsprogramm	90
5.3.2 Resultate	91
5.3.3 Diskussion	96
5.4 Großsignalmodulation	99
6 DFB-Gitterstruktur und Hochfrequenzeigenschaften	104
6.1 Gitterdesign für schnelle indexgekoppelte DFB Laserdioden	104
6.1.1 DFB-Gitter mit verteilten Phasenverschiebungen durch gebogene Wellenleiter	106
6.1.1.1 Methode	106
6.1.1.2 Realisierung der Bauelemente	108
6.1.1.3 Resultate	109
6.1.2 DFB-Gitter mit zwei $\lambda/8$ Phasenverschiebungen unterschiedlichen Abstands	111
6.1.2.1 Methodik und Realisierung der Bauelemente	111
6.1.2.3 Resultate	113
6.1.2.4 Diskussion	115

6.2 Komplex gekoppelte Laserdioden aus kompensiert verspannten	117
AlGaInAs/InP-Schichtstrukturen	
6.2.1 Eigenschaften der komplexen Kopplung	117
6.2.2 Realisierung teilweise verlustgekoppelter kompensiert	118
verspannter Laserdioden	
6.2.2.1 Laserstrukturen mit kompensiert verspannten	118
QWs und Barrieren	
6.2.2.2 Design und Herstellung komplex gekoppelter	120
AlGaInAs/InP-Laserdioden	
6.2.3 Charakterisierung	122
6.2.4 Diskussion	124
7 Zusammenfassung und Ausblick	125
8 Anhang	130
8.1 Kritische Schichtdicke in AlGaInAs/GaInAs/InP-MQW-Laserstrukturen	130
8.2 Parameter des Technologieprozesses	132
8.3 Meßaufbauten zur Charakterisierung der Laserdioden	134
8.4 Herleitungen aus den Ratengleichungen	138
9 Literaturverzeichnis	140