

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	9
2 Halbleiterlaser hoher Leistung und Strahldichte	11
2.1 Grundlegende Prinzipien von Halbleiterlaserdioden	11
2.1.1 Funktionsweise von Halbleiterlaserdioden	11
2.1.2 Grundzusammenhänge für einen Quantum-Well-Laser mit FABRY-PEROT-Resonator	13
2.2 Strahlqualität - Einführung der Beugungsmaßzahl und der spektralen Strahldichte	16
2.3 Verschiedene Prinzipien für Hochleistungslaser hoher Strahlqualität	17
3 Modellierung des α-DFB-Lasers	21
3.1 Prinzip des α -DFB-Lasers	21
3.2 Zweidimensionales lineares Vierwellen-Modell	22
3.2.1 Modellbeschreibung	22
3.2.2 Laterale Modenverteilungen	26
3.2.3 Laterale Verluste für die longitudinale Modenausbreitung	27
3.2.4 Schwebungs-Verluste	28
3.2.5 Ermittlung von Design-Parametern des α -DFB-Lasers mit dem Vierwellen-Modell	29
3.2.5.1 Kontaktstreifenbreite	29
3.2.5.2 Neigungswinkel des Gitters	30
3.2.5.3 Koppelkoeffizient und Länge des Lasers	30
3.2.5.4 Zusammenfassung der Bestimmung der Geometrieparameter der α -DFB-Laserdiode aus dem Vierwellen-Modell	32
3.2.6 Ausbreitung der „Verlust“-Wellen	33
3.3 Zweidimensionales nichtlineares Modell der Wellenausbreitung im α -DFB-Laser unter Einbeziehung der Ladungsträgerbilanz und der Wärme	34
3.3.1 Berechnung der elektromagnetischen Feldverteilung durch Resonatorumläufe von gekoppelten Wellenpaaren	34
3.3.2 Quellterme zur Einbeziehung der Ladungsträger und Berücksichtigung der Wärme	37
3.3.3 Berechnung spektraler Eigenschaften	38
3.3.4 Vollständiges Design mit Hilfe des nichtlinearen Modells	40
3.3.4.1 Facettenbeschichtung	40

3.3.4.2	Erhöhung der Verluste außerhalb des Kontaktstreifens	41
4	α-DFB-Laser: Struktur, Herstellungstechnologie und Aufbau	43
4.1	Epitaxie und Materialcharakterisierung	43
4.1.1	Anforderung an die Epitaxiestrukturen und ihre Optimierung	43
4.1.2	Realisierte Epitaxiestrukturen	44
4.1.3	Materialcharakterisierung	45
4.2	Prozessierung	47
4.2.1	Gittererzeugung	49
4.2.1.1	Gitterformen	49
4.2.1.2	Übersicht der Gittererzeugung	49
4.2.1.3	Wafervorbehandlungen und Lackbeschichtung	50
4.2.1.4	Belichtung und Entwicklung	50
4.2.1.5	Übertragung der Struktur in den Halbleiter durch nasschemisches Ätzen	51
4.2.1.6	Lackentfernung und Reinigung	52
4.2.2	Technologische Schritte nach der zweiten Epitaxie	52
4.3	Montage	53
5	Messmethoden zur Charakterisierung der α-DFB-Laserdioden	55
5.1	Strahlcharakterisierung	55
5.1.1	Bestimmung der Ausbreitungseigenschaften der emittierten Strahlung	55
5.1.2	Experimenteller Aufbau und Messverfahren zur Bestimmung des Strahlausbreitungsparameters	59
5.1.3	Auflösungsvermögen und Fehlerabschätzung	61
5.1.3.1	Laterales Fernfeld	61
5.1.3.2	Laterales Nahfeld	62
5.1.3.3	Fehlerabschätzung des Strahlparameterproduktes	62
5.2	Leistungs-Strom-Charakteristik	63
5.3	Longitudinale Modenspektren	63
6	Lasereigenschaften: Vergleich zwischen Experiment und Theorie	65
6.1	Vergleich eines α -DFB-Lasers mit einem Broad-Area-Laser	65
6.2	Design-Parameter im Vergleich zwischen Modell und Experiment	68
6.2.1	Einfluss der Kontaktstreifenbreite	68
6.2.2	Variation des BRAGG-Winkels des Gitters	70
6.2.3	Einfluss des Koppelkoeffizienten auf die Lasereigenschaften	72
6.2.3.1	Änderung der Ätztiefe	72
6.2.3.2	Ergebnisse aus der Variation der Vertikalstruktur	74
6.2.4	Resonatorlänge	76
6.2.5	Variation der Facettenbeschichtung	79

6.2.6	Unterdrückung der Nebenmaxima im Nahfeld durch Implantation seitlich des Kontaktstreifens	81
6.2.7	Auswertung und Diskussion der Ergebnisse	86
6.3	Untersuchungen von Nichtlinearitäten und Kinks in den Kennlinien der α -DFB-Laser	87
6.4	Spektrales Verhalten der α -DFB-Laser in Abhängigkeit vom Strom und den Laserparametern	93
7	Weiterführende Laserstrukturen und Ausblick	99
7.1	α -DFB-Laser als „master oscillator“ in einem hybriden MOPA	99
7.2	Kreuzgitter-Laser	102
7.2.1	Wellenausbreitung und Verluste im Kreuzgitter-Laser	102
7.2.2	Design und Technologie des Kreuzgitter-Lasers	103
7.2.3	Ergebnisse zum Kreuzgitter-Laser	104
8	Zusammenfassung	109
Häufig verwendete Abkürzungen und Symbole		110
Literaturverzeichnis		113