

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Halbleiterlaser hoher Leistung und Strahldichte</b>	<b>11</b>
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
<b>3</b>	<b>Modellierung des <math>\alpha</math>-DFB-Lasers</b>	<b>21</b>
3.1	Prinzip des $\alpha$ -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 $\alpha$ -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 $\alpha$ -DFB-Laserdiode aus dem Vierwellen-Modell	32
3.2.6	Ausbreitung der „Verlust“-Wellen	33
3.3	Zweidimensionales nichtlineares Modell der Wellenausbreitung im $\alpha$ -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
<b>4</b>	<b><math>\alpha</math>-DFB-Laser: Struktur, Herstellungstechnologie und Aufbau</b>	<b>43</b>
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
<b>5</b>	<b>Messmethoden zur Charakterisierung der <math>\alpha</math>-DFB-Laserdioden</b>	<b>55</b>
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
<b>6</b>	<b>Lasereigenschaften: Vergleich zwischen Experiment und Theorie</b>	<b>65</b>
6.1	Vergleich eines $\alpha$ -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 $\alpha$ -DFB-Laser	87
6.4	Spektrales Verhalten der $\alpha$ -DFB-Laser in Abhängigkeit vom Strom und den Laserparametern . . . . .	93
<b>7</b>	<b>Weiterführende Laserstrukturen und Ausblick</b>	<b>99</b>
7.1	$\alpha$ -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
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>109</b>
	<b>Häufig verwendete Abkürzungen und Symbole</b>	<b>110</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>113</b>