

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Laserdioden mit Vertikalresonator – Grundlagen	4
2.1	Vergleich mit Kantenemittern	4
2.2	Bragg-Reflektoren	8
2.3	Aufbau der Laserkavität	11
2.4	Vergleich verschiedener Strukturkonzepte	13
3	Widerstand von AlGaAs/GaAs Heteroübergängen	17
3.1	Berechnung des Widerstandes	17
3.1.1	Formalismus zur Berechnung des Potentialverlaufs	17
3.1.2	Berechnete Potentialverläufe	23
3.1.3	Formalismus zur Berechnung des Tunnelstroms	26
3.1.4	Berechnete Tunnelströme	29
3.2	Vergleich verschiedener Theorien	34
3.2.1	Thermoemissionsstrom	34
3.2.2	Grenzen theoretischer Modelle	36

3.3	Grundlegende experimentelle Untersuchungen	39
3.3.1	Einfluß von AlGaAs Zwischenschichten	41
3.3.2	Einfluß der Dotierung	42
3.3.3	Temperaturabhängigkeit des Widerstands	45
3.4	Vergleich Theorie/Experiment	45
3.5	Optimierung des Bragg-Spiegels	48
4	Protonenimplantation	51
4.1	Protonen- und Störstellenprofil	52
4.1.1	Betrachtung amorpher Festkörper	52
4.1.2	Der Channeling Effekt	57
4.2	Schichtwiderstand nach Protonenimplantation	58
4.3	Implantationsprofil für VCSELs	60
4.4	Implantationsmaske	62
5	VCSEL Teststrukturen	63
6	Laserdioden mit Vertikalresonator	67
6.1	Strukturierung planarer VCSELs	68
6.2	Laserdioden niedriger Schwelle	68
6.3	Betriebsspannungen	71
6.4	Laserdioden mit epitaxienseitiger Lichtauskopplung	74
6.4.1	Optische Ausgangskennlinien	75

6.4.2	Laserdioden mit hohem Konversionswirkungsgrad	76
6.4.3	Betriebstemperaturen der Laser	79
6.4.4	Transversalmoden und Linienbreite	82
6.4.5	Laserstruktur zur Hochfrequenzmodulationsmessung	84
6.5	Aufgebaute Laserdioden	85
6.5.1	Strukturierung und Aufbautechnik	86
6.5.2	Ausgangskennlinien	88
6.5.3	Modulationsverhalten	90
7	Zweidimensionale Laserdiodenarrays	91
7.1	Strukturierung planarer Arrays	91
7.2	Emissionseigenschaften	93
7.2.1	Arrays für Wellenlängenmultiplexsysteme	96
7.3	Modulation	99
7.4	Einkopplung in Glasfaserbündel	101
7.4.1	Einzuhaltende Justiertoleranzen bei Einkopplung in Mehrmodenfasern	102
7.4.2	Aufbau zur Kopplung von Laserdiodenarrays in Glasfaserbündel . .	103
7.4.3	Einkopplung von 10×10 VCSEL Arrays in Mehrmodenfaserbündel .	105
8	Zusammenfassung und Ausblick	107
A	Technologie	110
A.1	Photolithographieprozesse	110

A.2	Drei-Lagen-Lack	112
A.3	Ätzlösungen	113
A.4	Dünnpolieren	114
A.5	Reinigung und Lift-Off	114
A.6	Ohmsche Kontakte	114
B	Untersuchte Laserschichtstrukturen	116
C	Kopplungswirkungsgrad in Multimodefasern	128
D	Verzeichnis der Formelzeichen	131
E	Vorveröffentlichungen	135