



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Vertical-external-cavity surface-emitting laser (VECSEL)	5
2.1	Das Verstärkungselement	6
2.1.1	Quantenfilme	9
2.1.2	Verteilter Bragg-Spiegel – Distributed bragg reflektor (DBR)	12
2.1.3	Schichtstruktur	14
2.2	Wärmemanagementkonzepte	17
2.3	Herstellungsprozess	19
2.4	Laserresonator	20
3	Thermische Modelle und Simulationen	23
3.1	Unendlicher Halbraum	27
3.2	Wärmespreizer auf unendlichem Halbraum	28
3.3	Wärmespreizer und Wärmesenke in Zylindergeometrie	31
3.4	Wärmespreizer mit Seitenkühlung	32
3.5	Finite-Elemente-Methode (FEM)	33
3.6	Simulationen zum Wärmetransport in VECSELn	35
4	Experimentelle Methoden	41
4.1	Aufbau	41
4.2	VECSEL-Chips	45
4.3	Grundlagen für die Bestimmung thermischer Widerstände	49
5	Ergebnisse	53
5.1	Thermische Simulationen des Wärmeflusses in VECSELn	53
5.1.1	Finite-Elemente-Methode	54
5.1.2	Analytische Lösungen	66
5.1.2.1	Die Volumen-Wärmequelle	68



5.1.2.2	Erweiterte Modelle für Wärmespreizer	74
5.1.3	Zwischenfazit	85
5.2	Experimentelle Bestimmung der Leistungsverteilung im Pumpfleck	87
5.3	Messmethoden zur Bestimmung thermischer Widerstände	90
5.3.1	Spektrale Verteilung der Laseremission	91
5.3.2	Datenauswertung	95
5.3.3	Die Überroll-Methode – Eine neue Methode für die Bestimmung des thermischen Widerstandes	97
5.3.4	Erweiterte „Überroll“-Methode	99
5.3.5	Messunsicherheiten	102
5.4	Vergleich von theoretischen Modellen und experimentell bestimmten thermischen Widerständen	105
5.4.1	Leistungsdichteverteilung im Pumpfleck	106
5.4.2	Messmethode	108
5.4.3	Thermisches Modell	109
5.4.4	Diskussion	110
5.5	Zusammenhang zwischen Ausgangsleistung und thermischem Widerstand	115
6	Zusammenfassung	119
7	Ausblick	123
	Abkürzungsverzeichnis	127
	Literaturverzeichnis	129
	Liste der Veröffentlichungen	141