

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Liste der verwendeten Symbole	7
Kurzfassung	15
Extended Abstract	19
1 Einleitung	23
1.1 Herausforderungen bei der Leistungsskalierung von Festkörperlasern	23
1.2 Resonatorinterne Verwendung von transparenten Wärmespreizern	27
1.3 Ziele und Struktur der Arbeit	31
2 Theoretische Überlegungen	33
2.1 Unterschiede zwischen der symmetrischen beidseitigen Kühlung gegenüber der einseitigen Kühlung eines dünnen Laserkristalls	33
2.2 Funktionsprinzip der Kontaktierung durch Anpressung mit konvexgekrümmten transparenten Wärmespreizern	39
2.2.1 Wärmeübergang zwischen Oberflächen bei Anpressung	41
2.3 Untersuchung der Kontaktierung	44
2.3.1 Kontaktmodell	46
2.3.2 Verifizierung des Kontaktmodells durch Vergleich mit FEM-Berechnungen	56
2.3.3 Einfluss der thermischen Ausdehnung der Kontaktkörper auf den Kontakt	66
2.4 Auslegung der transparenten Wärmespreizer	68
2.5 Skalierbarkeit des Wärmeübergangs	70
2.6 Materialien für transparente Wärmespreizer	71
2.7 Methode zur Kompensation der Spannungsdoppelbrechung in den transparenten Wärmespreizern	74
3 Experimentelle Realisierung	80
3.1 Laseraktiver Kristall Ti:Saphir	80

3.2	Scheibenlaser mit beidseitiger Kühlung	87
3.2.1	Auslegung der Komponenten	87
3.2.1.1	Auslegung der Laserscheibe	87
3.2.1.2	Auslegung der transparenten Wärmespreizer	89
3.2.1.3	Auslegung der Kühleinheit und Pumpoptik	93
3.2.2	Laserexperimente	97
3.2.2.1	Untersuchung der Resonatorverluste	101
3.2.2.2	Untersuchung der Verlustursachen	104
3.2.2.3	Schädigungen der Beschichtungen	107
3.3	Scheibenlaser mit einseitiger Kühlung	108
3.3.1	Auslegung und experimenteller Aufbau	108
3.3.2	Laserexperimente	110
3.3.2.1	Untersuchung der Resonatorverluste	113
3.4	Bewertung und Vergleich der Ergebnisse der Laserexperimente	114
4	Thermische Untersuchungen	117
4.1	Thermische Untersuchungen mittels Thermografie	117
4.1.1	Scheibenlaser mit beidseitiger Kühlung	117
4.1.2	Scheibenlaser mit einseitiger Kühlung	121
4.2	Spezifisches Kühlvermögen	123
4.2.1	Bestimmung durch Abschätzung der mittleren Temperatur im angeregten Volumen bei eindimensionaler Wärmeleitung	124
4.2.1.1	Umrechnung für andere Laserkristalle und abwei- chende Kristalldicken	125
4.2.2	Bestimmung aus der Lösung der Wärmeleitungsgleichung	127
4.2.2.1	Scheibenlaser mit beidseitiger Kühlung	127
4.2.2.2	Scheibenlaser mit einseitiger Kühlung	127
4.2.2.3	Longitudinal homogen gepumpter Stablaser	129
4.2.3	Vergleich des spezifischen Kühlvermögens für Ti:Saphir	129
4.3	Abschätzung für den Laserbetrieb des Scheibenlasers mit beidseiti- ger Kühlung bei Verwendung von Yb:LuAG	132
5	Zusammenfassung und Ausblick	141
5.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	141
5.2	Ausblick	146
	Literaturverzeichnis	150
	Danksagung	165

Anhang	167
A - Lösung der Biegedifferentialgleichung für eine Platte unter einer konzentrischen Linienlast bei elastischer Einspannung	167
B - Herleitung der Dickenkorrekturfunktion	171
C - Geschlossene Lösung des Kontaktmodells in der parabolischen Näherung	175
D - Lösungen der eindimensionalen Wärmeleitungsgleichung für die ein- und beidseitige Kühlung der Laserscheibe	177
E - Bestimmung des spezifischen Kühlvermögens	180