

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Züchtung laseraktiver Kristalle	5
2.1	Thermodynamische Grundlagen	5
2.1.1	Zustandsdiagramme	5
2.1.2	Überschreitung, metastabile Übersättigung und Keimbildung	6
2.1.3	Kristallwachstum	8
2.1.4	Wachstumsgeschwindigkeit	9
2.2	Kinetische Grundlagen	9
2.2.1	Transportprozesse	9
2.2.2	Verteilungskoeffizient	10
2.2.3	Konstitutionelle Unterkühlung	12
2.3	Morphologische Grundlagen	13
2.3.1	Wachstumsformen	13
2.3.2	Zonarbauten, Streifenbildung	14
2.3.3	Radiale Verteilungsinhomogenitäten	15
2.3.4	Facettenbildung	16
2.4	Verfahren zur Züchtung aus der Schmelze	16
2.4.1	Bridgman-Stockbarger-Verfahren	16
2.4.2	Czochralski-Verfahren	17
3	Kristalleigenschaften und deren Beschreibung	21
3.1	Kristalleigenschaften und -struktur von Nd:YAG	21
3.1.1	Gitterstruktur und Gitterkonstanten	21
3.1.2	Mechanische Eigenschaften	28
3.1.3	Thermische Eigenschaften	28
3.1.4	Optische Eigenschaften	29
3.2	Polarisierbarkeit	29
3.3	Induzierte Spannungen und Verschiebungen	31
3.3.1	Spannungen	31

3.3.2	Verformung und Hooksches Gesetz	32
3.3.3	Symmetrien und Matrixschreibweise	33
3.3.4	Berechnung von Spannungen und Verformungen	35
3.4	Brechungsindex und Doppelbrechung	39
3.4.1	Intrinsische Doppelbrechung	41
3.4.2	Induzierte Doppelbrechung	42
4	Messverfahren zur optischen Charakterisierung von laseraktiven Materialien	47
4.1	Gemeinsame Eigenschaften	47
4.2	Optische Homogenität	48
4.2.1	Schlierenverfahren	48
4.2.2	Fizeau-Interferometer	54
4.2.3	Optische Homogenität	56
4.3	Induzierte Doppelbrechung / planes Polariskop	59
5	Messverfahren zur Bestimmung der Dotierungskonzentration	65
5.1	Spektrale Abhängigkeit der Transmission	65
5.2	Fluoreszenzlebensdaueranalyse	68
5.2.1	Messprinzip	68
5.2.2	Ratengleichung	69
5.2.3	Experimentelle Realisierung	77
5.2.4	Bestimmung der Materialkonstanten	78
5.2.5	Skalierung zu hohen Dotierungskonzentrationen	82
5.2.6	Experimentelle Untersuchung: Boule-Scheiben	83
5.2.7	Experimentelle Untersuchung: Stäbe seitlich	86
6	induzierte Spannungsdoppelbrechung	91
6.1	Durch Dotierungionen induzierte Spannungen	93
6.1.1	Modellbeschreibung inhomogen dotierter Kristalle	93
6.1.2	Numerische Berechnung - Finite Elemente Analyse	94
6.1.3	Doppelbrechung in undotierten Proben	99
6.1.4	Doppelbrechung in dotierten Proben	101
6.2	Durch Facetten induzierte Spannungen	108
6.2.1	Modellbeschreibung	109
6.2.2	Experimentelle und numerische Ergebnisse	111
6.3	Thermische und intrinsische Spannungen	116
6.3.1	Experimenteller Vergleich von thermisch induzierter mit dotierungsin-	
	duzierter Doppelbrechung	119

7	Dotierungskonzentrationsabhängigkeit des Brechungsindex	129
7.1	Konzentrationsabhängigkeit des Brechungsindex: Modell	130
7.2	Konzentrationsabhängigkeit des Brechungsindex: Experimentelle Ergebnisse	134
7.2.1	Bestimmung der Änderung $\frac{\partial n}{\partial C}$ des Brechungsindex durch die Dotierungskonzentration	134
7.2.2	Berechnung der elektronischen Gesamtpolarisierbarkeit α_{YAG} von undotiertem YAG	139
7.2.3	Bestimmung der Änderung $\Delta\alpha$ der elektronischen Polarisierbarkeit von YAG durch das Dotierungsign Nd^{3+}	140
7.3	Einfluss der Brechungsindexverteilung auf den Laserstrahl	143
8	Vergleich der untersuchten Kristallparameter mit Normen für optische Komponenten	151
8.1	Brechungsindexvariationen	152
8.1.1	Inhomogenitätsklassen	152
8.1.2	Schlierendichte	155
8.2	Doppelbrechung	156
8.3	Ergebniss	158
8.4	Ausblick	159
8.4.1	Variationen des Brechungsindex	159
8.4.2	Doppelbrechung	160
9	Zusammenfassung	165
A	Kristall-Parameter	169
	Literaturverzeichnis	171
	Danksagung	183
	Lebenslauf	185