

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Züchtung laseraktiver Kristalle</b>	<b>5</b>
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
<b>3</b>	<b>Kristalleigenschaften und deren Beschreibung</b>	<b>21</b>
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
<b>4</b>	<b>Messverfahren zur optischen Charakterisierung von laseraktiven Materialien</b>	<b>47</b>
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
<b>5</b>	<b>Messverfahren zur Bestimmung der Dotierungskonzentration</b>	<b>65</b>
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
<b>6</b>	<b>induzierte Spannungsdoppelbrechung</b>	<b>91</b>
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

<b>7</b>	<b>Dotierungskonzentrationsabhängigkeit des Brechungsindex</b>	<b>129</b>
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 $\alpha_{YAG}$ von undotiertem YAG . . . . .	139
7.2.3	Bestimmung der Änderung $\Delta\alpha$ der elektronischen Polarisierbarkeit von YAG durch das Dotierungselement $\text{Nd}^{3+}$ . . . . .	140
7.3	Einfluss der Brechungsindexverteilung auf den Laserstrahl . . . . .	143
<b>8</b>	<b>Vergleich der untersuchten Kristallparameter mit Normen für optische Komponenten</b>	<b>151</b>
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
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>165</b>
<b>A</b>	<b>Kristall-Parameter</b>	<b>169</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>171</b>
	<b>Danksagung</b>	<b>183</b>
	<b>Lebenslauf</b>	<b>185</b>