



Sascha Reuter (Autor)

**Numerische Modellierung und experimentelle
Charakterisierung der physikalischen Eigenschaften
von modengekoppelten Femtosekunden-Yb:YAG und
Yb:KGW Lasern**

Sascha Reuter

**Numerische Modellierung und experimentelle
Charakterisierung der physikalischen
Eigenschaften von modengekoppelten
Femtosekunden-Yb:YAG und Yb:KGW Lasern**

:
,



Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/2931>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
2 Eigenschaften Ytterbium dotierter Lasermaterialien	5
2.1 Yb:YAG ($\text{Yb:Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)	5
2.1.1 Spektroskopische Eigenschaften	5
2.1.2 Thermische und mechanische Eigenschaften	10
2.1.3 Optische Eigenschaften	11
2.2 Yb:KGW ($\text{Yb:KGd}(\text{WO}_4)_2$)	11
2.2.1 Spektroskopische Eigenschaften	11
2.2.2 Thermische und mechanische Eigenschaften	14
2.2.3 Optische Eigenschaften	15
3 Kontinuierlich emittierende Ytterbium-Laser	19
3.1 Optische Anregung von Quasi-Drei-Niveau Systemen	19
3.2 Charakterisierung der Pumpquellen	20
3.2.1 Pumpquelle für Yb:YAG	20
3.2.2 Pumpquelle für Yb:KGW	22
3.3 Simulation der Pumpleistungsdichte	23
3.3.1 Yb:YAG	24
3.3.2 Yb:KGW	25
3.4 Modellierung der thermischen Effekte	26
3.4.1 Wärmeentwicklung in Laserkristallen	26
3.4.2 Temperatur- und Brechungsindexprofil	27
3.4.3 Thermisch induzierte Spannungen	28
3.4.4 Modellierung der thermischen Effekte in Yb:YAG	29
3.4.5 Modellierung der thermischen Effekte in Yb:KGW	31
3.5 Berechnung der Ausgangsleistung	33
3.6 Experimentelle Ergebnisse	39
3.6.1 Yb:YAG	39

3.6.2	Yb:KGW	42
4	Prinzip der solitären Modenkopplung	45
4.1	Modenkopplung	45
4.1.1	Aktive Modenkopplung	46
4.1.2	Passive Modenkopplung	46
4.1.2.1	Modenkopplung mit einem sättigbaren Absorber	47
4.1.2.2	Kerr-Linsen Modenkopplung	49
4.1.2.3	Additiv-Puls-Modenkopplung	51
4.2	Wechselwirkung Licht-Materie	52
4.2.1	Intensitätsabhängigkeit des Brechungsindex	52
4.2.2	Operator der Selbstphasenmodulation	54
4.2.3	Wellenlängenabhängigkeit des Brechungsindex	54
4.2.4	Operator der Dispersion	55
4.2.5	Nichtlineare Schrödinger-Gleichung	56
4.2.6	GVD-Kompensation mit Prismen	57
4.2.7	GVD-Kompensation mit einem Gires-Tournois-Interferometer	59
4.2.8	Dispersionskompensation mit Chirp-Spiegeln	62
5	Theorie der solitären Modenkopplung	65
5.1	Linearisierte Operatoren der Mastergleichung	66
5.1.1	Verstärkendes Medium	66
5.1.2	Verluste	67
5.1.3	Dispersion der Gruppengeschwindigkeit	67
5.1.4	Selbstphasenmodulation	68
5.1.5	Zusätzlicher Phasenterm	68
5.1.6	Zeitverschiebung des Impulses	68
5.1.7	Angekoppelter Resonator	68
5.2	Mastergleichung der Additiv-Pulse-Modenkopplung	73
5.3	Lösung der Mastergleichung	74
5.3.1	Zeitverschiebung und Frequenzverstimmung	75
5.3.2	Impulsdauer und Chirp-Parameter	75
5.3.3	Stabilitätsbedingung	77
5.3.4	Zusätzliche Phasenverschiebung des Impulses	77
5.4	Diskussion der Ergebnisse	77
6	Experimentelle Ergebnisse der Modenkopplung	81
6.1	Yb:YAG Oszillator mit einer Wiederholrate von 80 MHz	81
6.1.1	Modenkopplung im Bereich positiver Dispersion	81
6.1.2	Dispersionskompensation mit Prismen	86

6.1.3	Dispersionskompensation mit GTI-Spiegeln	88
6.2	Yb:YAG Zweistab Oszillator mit einer Wiederholrate von 80 MHz	90
6.3	Yb:YAG Oszillator mit einer Wiederholrate von 160 MHz	91
6.4	Yb:KGW Oszillator mit einer Wiederholrate von 100 MHz	95
7	Leistungskalierung des Yb:YAG fs-Oszillators	101
7.1	Charakterisierung der Hochleistungs-Pumpquelle	101
7.2	Simulation der Pumpleistungsdichte	104
7.3	Simulation der thermischen Effekte	106
7.4	Kontinuierlich emittierender Yb:YAG Hochleistungslaser	107
7.5	Additiv-Puls-Modenkopplung des Yb:YAG Hochleistungslasers	110
8	Zusammenfassung	117
	Literaturverzeichnis	121