Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **vii**

1 Einleitung **1**

2 Eigenschaften Ytterbium dotierter Lasermaterialien **5**

2.1 Yb:YAG (Yb:$Y_3Al_5O_{12}$) 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 (Yb:KGd$(WO_4)_2$) 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 Leistungsskalierung 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