



Martin Nittmann (Autor)

**Neue Konzepte und Technologien für  
diodengepumpte, hochrepetierende  
Nanosekundenlaser im Wellenlängenbereich von 213  
nm bis 4,6  $\mu\text{m}$**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/1461>

Copyright:

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

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>ix</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Theoretische Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1 Gütegeschaltete Festkörperlaser . . . . .	5
2.1.1 Akustooptische Güteschaltung . . . . .	7
2.1.2 Räumliche Eigenschaften von Laserstrahlung und Strahlqualität	9
2.1.3 $M^2$ -Messung durch das Hyperbel-Anpassungsverfahren . . . . .	11
2.1.4 Die Momente einer Verteilung . . . . .	13
2.2 Nichtlineare Optik . . . . .	14
2.2.1 Nichtlineare Drei-Wellen-Wechselwirkung . . . . .	14
2.2.2 Phasenanpassung in doppelbrechenden Materialien . . . . .	15
2.2.3 Der Walk-off-Winkel . . . . .	17
2.2.4 Akzeptanzbreiten . . . . .	18
2.2.5 Quasiphasenanpassung . . . . .	19
2.2.6 Erzeugung der Harmonischen . . . . .	22
2.2.7 Stimulierte Raman-Streuung . . . . .	24
<b>3 Gütegeschaltete Nd:YVO<sub>4</sub> Laser für die Nichtlineare Optik</b>	<b>31</b>
3.1 Materialien für Festkörperlaser . . . . .	31
3.1.1 Herstellung . . . . .	32
3.1.2 Dotierungsionen . . . . .	32
3.1.3 Wirtsmaterialien . . . . .	34
3.1.4 Vergleich der spektroskopischen Eigenschaften . . . . .	35

3.1.5	Vergleich der thermischen Eigenschaften . . . . .	35
3.1.6	Ramanaktivität . . . . .	36
3.1.7	Fazit . . . . .	37
3.2	Pumpsysteme . . . . .	37
3.2.1	Räumliche Strahleigenschaften . . . . .	37
3.2.2	Spektrale Eigenschaften und Leistungskennlinien . . . . .	38
3.2.3	Polarisation . . . . .	38
3.3	Gütegeschalteter Nd:YVO <sub>4</sub> -Laser bei 1064 nm . . . . .	41
3.3.1	Resonatordesign . . . . .	41
3.3.2	Versuchsaufbau . . . . .	44
3.3.3	Optimierung des Resonators . . . . .	45
3.3.4	Güteschaltung . . . . .	46
3.3.5	Experimentelle Charakterisierung des Lasers . . . . .	46
3.3.6	Leistungskalierung mit Single-Pass Verstärker . . . . .	51
3.4	Gütegeschalteter Nd:YVO <sub>4</sub> -Laser bei 1342 nm . . . . .	54
3.4.1	Linearer Resonator mit einer Pumpdiode . . . . .	54
3.4.2	Doppel-L-Resonator mit zwei Pumpdioden . . . . .	55
3.4.3	Experimentelle Charakterisierung . . . . .	57
3.4.4	Fazit . . . . .	60
<b>4</b>	<b>Anwendungsnahe Erzeugung von DUV-Laserstrahlung bei 213 nm</b>	<b>61</b>
4.1	Zielsetzung . . . . .	61
4.2	DUV-Laserkonzepte in der Literatur . . . . .	62
4.3	Optisch nichtlineare Prozesse zur Erzeugung von 213 nm . . . . .	63
4.4	Versuchsaufbau . . . . .	64
4.5	SHG von 1064 nm . . . . .	65
4.5.1	Konzept . . . . .	66
4.5.2	Experimentelle Charakterisierung . . . . .	66
4.6	THG von 1064 nm . . . . .	68
4.6.1	Konzept . . . . .	68
4.6.2	Experimentelle Charakterisierung . . . . .	69
4.7	Die fünfte Harmonische von 1064 nm . . . . .	70

4.7.1	Phasenanpassung in BBO . . . . .	70
4.7.2	Charakterisierung . . . . .	72
4.7.3	Langzeitstabilität . . . . .	76
4.8	Fazit . . . . .	78
<b>5</b>	<b>Nanosekundenlaser im roten und blauen Spektralbereich</b>	<b>79</b>
5.1	Nanosekundenlaser im roten Spektralbereich . . . . .	79
5.1.1	Materialauswahl in Voruntersuchungen . . . . .	80
5.1.2	Experimentelle Ergebnisse in MgO:PPLN . . . . .	80
5.1.3	Experimentelle Ergebnisse in LBO . . . . .	81
5.1.4	Fazit zur Materialauswahl . . . . .	82
5.1.5	SHG des leistungsstärkeren 1342 nm-Lasers mit zwei Pumpdioden	82
5.1.6	Fazit . . . . .	84
5.2	Nanosekundenlaser im blauen Spektralbereich . . . . .	86
5.2.1	Versuchsaufbau . . . . .	86
5.2.2	THG von 1342 nm in KTP . . . . .	87
5.2.3	THG von 1342 nm in LBO . . . . .	87
5.2.4	Fazit . . . . .	88
5.3	Variable Nutzung von Rot und Blau . . . . .	90
<b>6</b>	<b>Summenfrequenzmischung von zwei synchronisierten Lasern</b>	<b>93</b>
6.1	Versuchsaufbau . . . . .	94
6.2	Wahl des optisch nichtlinearen Materials . . . . .	95
6.3	Zeitliche Überlagerung der Impulse . . . . .	96
6.4	Experimentelle Ergebnisse . . . . .	97
6.5	Fazit . . . . .	102
6.6	Ausblick . . . . .	102
<b>7</b>	<b>Gütegeschalteter Ramanlaser</b>	<b>103</b>
7.1	Versuchsaufbau . . . . .	104
7.2	Experimentelle Ergebnisse . . . . .	105
7.3	Steigerung der Pulsrepetitionsrate . . . . .	107

7.4	Zeitliche Stabilität der Ramanimpulse . . . . .	108
7.5	Fazit . . . . .	111
<b>8</b>	<b>OPGs im nahen und mittleren Infrarot</b>	<b>112</b>
8.1	1064 nm gepumpter OPG im Wellenlängenbereich 3,5-4,6 $\mu\text{m}$ . . . . .	112
8.1.1	Konzepte zur Erzeugung von Laserstrahlung im MIR . . . . .	112
8.1.2	Versuchsaufbau . . . . .	113
8.1.3	Ausgangsleistung und Strahlqualität . . . . .	114
8.1.4	Abstimmbarkeit . . . . .	116
8.1.5	Fazit . . . . .	118
8.2	1342 nm-gepumpter OPG im Wellenlängenbereich von 2 $\mu\text{m}$ . . . . .	120
8.2.1	Versuchsaufbau . . . . .	121
8.2.2	Experimentelle Charakterisierung . . . . .	122
8.2.3	Fazit . . . . .	123
8.3	Rot-gepumpter OPG im nahen Infrarot . . . . .	125
8.3.1	Versuchsaufbau . . . . .	126
8.3.2	Experimentelle Charakterisierung . . . . .	127
8.3.3	Fazit . . . . .	127
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>131</b>
<b>A</b>	<b>Eigenschaften ausgewählter optisch nichtlinearer Materialien</b>	<b>135</b>
A.1	Lithiumtriborat $\text{LiB}_3\text{O}_5$ . . . . .	135
A.2	Betabariumborat BBO . . . . .	136
A.3	Lithiumniobat $\text{LiNbO}_3$ . . . . .	139
A.4	Kaliumtitanylphosphat (KTP) . . . . .	140
A.5	Wismutborat ( $\text{BiBO}$ ) . . . . .	142
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>143</b>
	<b>Danksagung</b>	<b>153</b>
	<b>Lebenslauf</b>	<b>155</b>