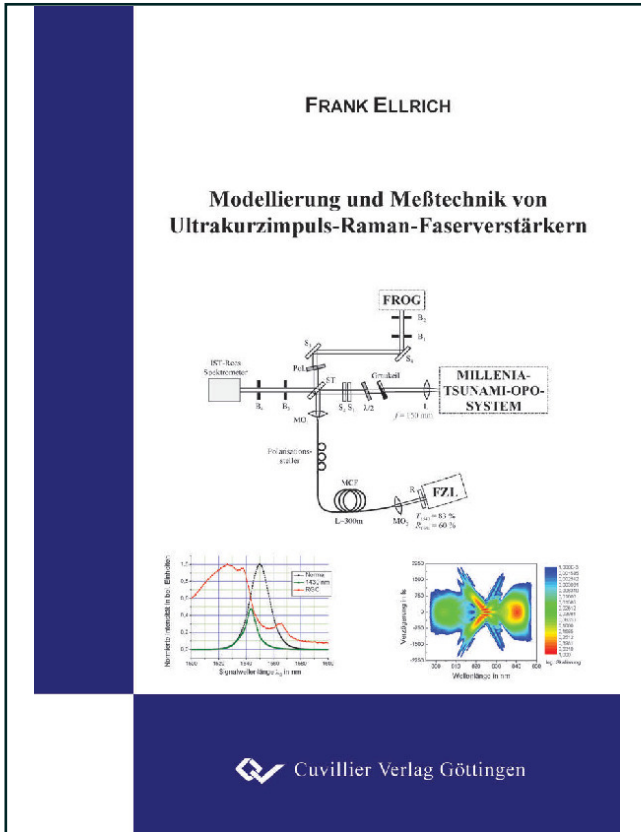




Frank Ellrich (Autor)
**Modellierung und Meßtechnik von Ultrakurzimpuls-
Raman-Faserverstärkern**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/1981>

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

1	Einleitung	11
1.1	Optische Verstärker in der Nachrichtentechnik.....	11
1.1.1	Historische Entwicklung	11
1.1.2	Stand der Technik.....	14
1.2	Ziele und durchzuführende Arbeiten	15
1.3	Inhaltsübersicht	18
2	Grundlagen Raman-Verstärker	21
2.1	Der Raman-Effekt	21
2.2	Erklärung des Raman-Effektes	23
2.2.1	Wellentheoretische Erklärung	23
2.2.2	Quantentheoretische Erklärung.....	25
2.3	Der Raman-Effekt in optischen Fasern.....	35
2.3.1	Das Raman-Band.....	36
2.3.2	Das Raman-Übersprechen.....	38
2.3.3	Die Raman-Schwelle.....	40
2.4	Der Raman-Faserverstärker	42
2.4.1	Monochromatisches Pumpfeld.....	43
2.4.2	Polychromatisches Pumpfeld	44
2.4.3	Der Raman-Verstärkungskoeffizient	45
2.4.4	Die An-Aus-Verstärkung	48

2.5	Rauschen des Raman-Verstärkers.....	49
2.5.1	Rauschen durch spontane Raman-Streuung.....	49
2.5.2	Weitere Rauschquellen in Raman-Faserverstärkern	55
2.6	Einsatzarten	58
3	Modellbildung.....	59
3.1	Die grundlegende Ausbreitungsgleichung.....	59
3.2	Die nichtlineare Impulsausbreitung	63
3.3	Effekte höherer Ordnungen.....	69
3.3.1	Lineare Effekte	69
3.3.2	Nichtlineare Effekte	70
3.4	Die verzögerte nichtlineare Antwort.....	72
3.5	Split-Step-Fourier-Methode	74
4	Implementierung der Modelle	77
4.1	Dauerstrichbetrieb	77
4.1.1	Analytischer Lösungsansatz.....	78
4.1.2	Numerischer Lösungsansatz.....	81
4.1.2.1	Propagationsdifferentialgleichungen	81
4.1.2.2	Lösungsalgorithmus.....	83
4.1.2.3	Zwei-Punkt-Randwertproblem	87
4.2	Impulsbetrieb.....	91
4.2.1	Modellverknüpfung	92
4.2.2	Lösungsalgorithmus	94
4.3	Ultrakurzimpulsbetrieb	98
4.3.1	Erweitertes Modell für ultrakurze Impulse	99
4.3.2	Lösungsalgorithmus	100

5 Meßtechnischer Aufbau.....109

5.1	Dauerstrichbetrieb.....	109
5.1.1	Experimenteller Aufbau.....	109
5.1.2	Signalquelle.....	110
5.1.3	Pumpquellen.....	111
5.1.4	Signalsenke.....	111
5.1.5	Sonstige Komponenten.....	112
5.2	Ultrakurzimpulsbetrieb.....	112
5.2.1	Randbedingungen des Aufbaus.....	113
5.2.2	Experimentelle Aufbauten.....	117
5.2.2.1	Passive Übertragung.....	117
5.2.2.2	Vorwärtsgepumpter Verstärker.....	118
5.2.2.3	Bidirektional gepumpter Verstärker.....	120
5.2.3	Kurzimpulssignalquelle.....	122
5.2.4	Pumpquelle.....	123
5.2.5	Signalsenke.....	123
5.2.6	Sonstige Komponenten.....	124

6 Numerische und meßtechnische Ergebnisse.....127

6.1	Dauerstrichbetrieb.....	127
6.1.1	Kennlinien bei Einkanalverstärkung.....	127
6.1.1.1	Pumpleistung – Verstärkungskennlinie.....	127
6.1.1.2	Signalleistung – Verstärkungskennlinie.....	129
6.1.1.3	Signalwellenlänge - Verstärkungskennlinie.....	131
6.1.1.4	Faserlänge – Verstärkungskennlinie.....	133
6.1.2	Pumpkonzepte.....	134
6.1.2.1	Monochromatisches Pumpfeld.....	134
6.1.2.2	Polychromatisches Pumpfeld.....	138

6.2	Ultrakurzimpulsbetrieb	141
6.2.1	Auswirkungen der Intra-Puls Raman-Streuung	142
6.2.2	Lineare und nichtlineare Impulsverzerrungen bei passiver Propagation.....	144
6.2.3	Impulsverzerrungen durch Raman-Verstärkung	153
6.2.3.1	Auswirkungen auf die lineare Signalpropagation.....	153
6.2.3.2	Auswirkungen auf die nichtlineare Signalpropagation	161
7	Schlußfolgerungen und Ausblick.....	171
8	Zusammenfassung	175
9	Summary	177
10	Anhang.....	179
10.1	Die optischen Schlüsselkomponenten.....	179
10.1.1	Das Millenia – Tsunami – OPO – System	179
10.1.1.1	Millenia Xs Pumplaser	180
10.1.1.2	Tsunami Kurzimpuls laser	181
10.1.1.3	Optisch parametrischer Oszillator (OPO).....	183
10.1.2	Der Farbzentren laser	187
10.1.2.1	Aufbau	188
10.1.2.2	Funktionsweise	191
10.1.2.3	Die Stickstoffkühlung.....	194
10.1.2.4	Der Hochvakuumpumpstand	196
10.1.2.5	Der NaCl:(F ₂ ⁺) _H - Farbzentrenkristall.....	198
10.1.2.6	Der Pumplaser	199
10.1.2.7	Der Hilfs laser.....	201

10.1.3	Der SHG-FROG	202
10.1.3.1	Aufbau	203
10.1.3.2	Funktionsweise	205
10.1.3.3	Der nichtlineare SHG-Kristall	206
10.1.3.4	Die Verzögerungsstrecke.....	208
10.1.3.5	Das Spektrometer.....	209
10.1.3.6	Die Femtosoft FROG-Software.....	211
10.2	Erläuterungen mathematischer Definitionen	213
10.2.1	Die effektive Fläche	213
10.2.2	Die effektive Länge	214
10.2.3	Der nichtlineare Brechungsindex	215
10.2.4	Die optimale Faserlänge.....	217
10.3	Liste häufig verwendeter Abkürzungen und Formelzeichen.....	219
10.3.1	Abkürzungen	219
10.3.2	Mathematische Schreibweisen	221
10.3.3	Konstanten.....	222
10.3.4	Formelzeichen	222
10.4	Literaturverzeichnis	228