

Inhaltsverzeichnis

0.	Bezeichnungen und Symbole	XIV
1.	Grundlagen für die Wechselwirkung zwischen atomaren Systemen und Lichtimpulsen	1
1.1.	Elementare Strahlungsprozesse	1
1.1.1.	Spontane Emission	2
1.1.2.	Induzierte Emission.	4
1.1.3.	Absorption	4
1.1.4.	Beziehungen zwischen den Übergangswahrscheinlichkeiten im thermischen Gleichgewicht	5
1.1.5.	Bilanzgleichungen	6
1.1.6.	Strahlungswechselwirkung mit einem Ensemble atomarer Systeme mit inhomogener Linienverbreiterung	12
1.2.	Schnell ablaufende Prozesse in atomaren Systemen	16
1.2.1.	Innere Übergänge in atomaren Systemen. Relaxationsprozesse	16
1.2.2.	Reaktionen aus dem angeregten Zustand	22
1.2.3.	Phasenrelaxationsprozesse	24
1.3.	Allgemeine theoretische Grundlagen zur Beschreibung der Wechselwirkung von Lichtimpulsen mit atomaren Systemen.	26
1.3.1.	Wellengleichung	27
1.3.2.	Quantentheoretische Beschreibung des atomaren Systems	30
1.3.3.	Behandlung des Zweiniveausystems	33
2.	Grundlagen zur Beschreibung von Pikosekunden-Lasern	36
2.1.	Das Laser-Prinzip	36
2.2.	Erzeugung der Besetzungsinversion durch optisches Pumpen	38
2.3.	Optische Resonatoren	43
2.3.1.	Analogie zwischen offenen und geschlossenen Resonatoren	43
2.3.2.	Ebener FABRY-PEROT-Resonator	47

2.3.3.	Beugungstheorie des offenen Resonators	50
2.3.4.	Beschreibung der Feldverteilung innerhalb und außerhalb des Resonators mit GAUSSschen Bündeln	54
2.3.5.	Der Dreispiegelresonator	62
2.4.	Charakterisierung der aktiven Materialien repräsentativer Laser.	64
2.4.1.	Nd-YAG-Laser	64
2.4.2.	Argon- und Kryptonionen-Gas-Laser	67
2.4.3.	Farbstoff-Laser	70
2.4.4.	Halbleiter-Laser	73
2.5.	Güteschaltung	78
2.6.	Das Prinzip zur Erzeugung ultrakurzer Impulse: Die Modensynchronisation	80
2.7.	Methoden der Modensynchronisation	84
2.7.1.	Aktive Modensynchronisation	85
2.7.2.	Synchron gepumpte Laser	85
2.7.3.	Passive Modensynchronisation	85
3.	Meßmethoden	88
3.1.	Grundprinzipien für die Messung von schnellen Zeitabläufen	88
3.1.1.	Schmier- oder Streak-Verfahren	88
3.1.2.	Stroboskopie, Sampling-Verfahren.	89
3.1.3.	Zurückführung eines Zeitabstandes auf eine räumliche Verschiebung	91
3.1.4.	Signalwandlung	92
3.1.5.	Korrelationsmethoden	92
3.2.	Grenzen für die Zeitauflösung	96
3.2.1.	Drehspiegel	98
3.2.2.	Fotoelektrische Empfänger	98
3.2.3.	Elektronenoptische Streak-Kamera	100
3.2.4.	Fokussierende Systeme	102
3.2.5.	Dispergierende Systeme	102
3.3.	Nichtlinear optische Methoden zur Messung ultrakurzer Lichtimpulse	104
3.3.1.	Messung der Intensitäts-Korrelationsfunktion durch die Erzeugung der zweiten Harmonischen	104
3.3.2.	Messung der Intensitäts-Korrelationsfunktion mittels Zweiphotonen- fluoreszenz	107
3.3.3.	Messung von Intensitäts-Kreuzkorrelationsfunktionen	111
3.3.4.	Laser-gesteuerte optische Tore auf der Grundlage des optischen KERR- Effektes	112
3.4.	Laser-gesteuerte optoelektronische Schalter.	116

4.	Aktive Modensynchronisation	121
4.1.	Wirkungsmechanismus	121
4.1.1.	Amplitudenmodulation	121
4.1.2.	Phasenmodulation	122
4.1.3.	Homogen und inhomogen verbreiterte Laser-Übergänge	123
4.2.	Theorie	124
4.3.	Experimentelle Anordnungen und Ergebnisse	131
4.3.1.	Modulatoren	131
4.3.2.	Modensynchronisierte Edelgasionen-Laser	133
4.3.3.	Experimentelle Untersuchung der aktiven Modensynchronisation des Nd-YAG-Lasers	135
5.	Synchron gepumpte Laser	137
5.1.	Wirkungsmechanismus	137
5.2.	Theorie	140
5.2.1.	Grundgleichungen	140
5.2.2.	Diskussion der Lösungen für das stationäre Regime	148
5.2.2.1.	Laser-Schwelle	148
5.2.2.2.	Stabiles Impulsregime (Modensynchronisationsbereich)	151
5.2.2.3.	Impulsparameter	152
5.2.3.	Herausbildung der ultrakurzen Impulse aus dem Rauschen und Satellitenimpulsentstehung	154
5.3.	Experimentelle Anordnungen und Ergebnisse	158
5.3.1.	Grundaufbau synchron gepumpter Laser	158
5.3.2.	Experimentelle Untersuchung der Impulsparameter synchron gepumpter Laser	163
5.3.3.	Cavity Dumping	166
5.3.4.	Verstärkung	167
6.	Passive Modensynchronisation von Farbstoff-Lasern	169
6.1.	Wirkungsmechanismus	169
6.2.	Theorie	172
6.2.1.	Grundgleichungen	172
6.2.2.	Diskussion der Lösungen für das stationäre Regime	178
6.2.2.1.	Stabiles Einimpulsregime	178
6.2.2.2.	Impulsparameter	181

6.2.3.	Effekte der kohärenten Überlagerung gegenläufiger Impulse bei der passiven Modensynchronisation	185
6.3.	Experimentelle Anordnungen und Ergebnisse	190
6.3.1.	Grundaufbau blitzlampengepumpter Farbstoff-Laser	190
6.3.2.	Grundaufbau kontinuierlich gepumpter Farbstoff-Laser	191
6.3.3.	Ergebnisse experimenteller Untersuchungen	192
6.3.4.	Gegenläufige Impulse	196
6.3.5.	Doppelte Modensynchronisation	198
7.	Passive Modensynchronisation von Festkörper-Lasern	199
7.1.	Wirkungsmechanismus	199
7.2.	Theorie	201
7.2.1.	Grundgleichungen	201
7.2.2.	Linearer Bereich der Impulsentwicklung (Region I)	206
7.2.3.	Nichtlinearer Bereich der Impulsentwicklung (Region II)	211
7.2.3.1.	Vernachlässigung der Besetzungsänderung des Verstärkers	211
7.2.3.2.	Einfluß des Abbaus der Besetzungsinversion im aktiven Medium	214
7.2.3.3.	Kriterien für gute Modensynchronisation: Die Wahrscheinlichkeit für den Zusammenbruch der Impulsentwicklung und das Auftreten von Doppelimpulsen	219
7.2.4.	Der Abbau der Verstärkung (Region III)	226
7.3.	Experimentelle Anordnungen und Ergebnisse	228
7.3.1.	Anordnungen und Besonderheiten passiv modensynchronisierter Festkörper-Laser	228
7.3.2.	Eigenschaften der Pikosekunden-Impulse passiv modensynchronisierter Festkörper-Laser	230
7.3.3.	Einzelimpulsselektion und Nachverstärkung	232
7.3.4.	Experimentelle Untersuchung des Evolutionsprozesses ultrakurzer Impulse	234
7.3.5.	Die Rolle der effektiven Wirkungsquerschnitte von Absorber und Verstärker	237
7.3.6.	Der Einfluß der Relaxationszeit des Absorbers auf die Herausbildung ultrakurzer Impulse	239
7.4.	Halbleiter-Laser	241
8.	Veränderung der Parameter ultrakurzer Laser-Impulse	244
8.1.	Erzeugung der zweiten Harmonischen	248
8.2.	Anwendung anderer nichtlinear optischer Prozesse zur Frequenzänderung	256
8.2.1.	Frequenzmischung	256
8.2.2.	Stimulierte RAMAN-Streuung	258

8.2.3.	Optische parametrische Generation	259
8.2.4.	Parametrische Vierphotonenwechselwirkung	261
8.3.	Veränderung der Impulsform und Impulsdauer	263
8.3.1.	Impulsformung bei nichtlinear optischen Wechselwirkungen	263
8.3.2.	Kompression phasenmodulierter Impulse	265
9.	Ultrakurzzeit-Spektroskopie	272
9.1.	Fluoreszenzmessungen	273
9.1.1.	Nanosekunden-Methoden	273
9.1.2.	Pikosekunden-Methoden	277
9.1.3.	Anwendungen	280
9.1.3.1.	Farbstoffe	280
9.1.3.2.	Einfluß der Orientierungsrelaxation	281
9.1.3.3.	Biologische Substanzen	283
9.1.3.4.	Festkörper	284
9.1.4.	Kohärente Anregung durch kurze Impulse hoher Feldstärke	284
9.2.	Testimpuls-Spektroskopie	292
9.2.1.	Testimpuls-Spektrometer	292
9.2.1.1.	Testimpuls-Spektrometer mit Einzelimpulsanregung	294
9.2.1.2.	Testimpuls-Spektrometer mit hoher Impulsfolgefrequenz	298
9.2.1.3.	Testimpuls-Spektrometer zur Messung der RAMAN-Verstärkung	300
9.2.1.4.	Testimpuls-Spektrometer mit selbstinduzierten Gittern	300
9.2.2.	Anwendungen	301
9.2.2.1.	Elektronische Relaxationsprozesse	301
9.2.2.2.	Schwingungsrelaxationsprozesse	302
9.2.2.3.	Selektive Anregung	304
	Literaturverzeichnis	306
	Sachverzeichnis	318