

Inhaltsverzeichnis

1.	Licht und Atome	1
1.1.	Welleneigenschaften des Lichtes	1
1.1.1.	Licht und Laser-Strahlung im Spektrum der elektromagnetischen Wellen	1
1.1.2.	Entstehung elektromagnetischer Wellen	2
1.1.3.	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	4
1.1.4.	Interferenz	7
1.1.5.	Beugung	8
1.1.6.	Kohärenz von Wellenfeldern	11
1.1.6.1.	Messung der zeitlichen Kohärenz	12
1.1.6.2.	Messung der räumlichen Kohärenz	12
1.1.7.	Kohärente Lichtquellen	14
1.2.	Statistische Eigenschaften des Lichtes	17
1.2.1.	Grenzen des Wellenbildes	17
1.2.2.	Phasenzelle und Unschärferelation	19
1.2.3.	Hohlraumstrahlung	21
1.2.4.	Gültigkeitsbereich und Bedeutung von Wellen- und Korpuskeldarstellung	24
1.2.5.	Photonen-Statistik	26
1.3.	Eigenschaften der Atome und Moleküle	28
1.3.1.	Atommodell der Quantenmechanik	29
1.3.2.	Moleküle	31
1.4.	Wechselwirkung von Atomen und Licht	36
1.4.1.	Anregung eines Atoms durch Licht	36
1.4.2.	Absorption und Emission von Licht	38
1.4.2.1.	Absorption	38
1.4.2.2.	Spontane Emission	40
1.4.2.3.	Induzierte Emission	42
1.4.2.4.	Energiebilanz für die Lichtwelle	44
1.4.3.	Atome im thermischen Gleichgewicht	44
2.	Optische Resonatoren	47
2.1.	Resonatoren in der Hochfrequenztechnik	47
2.2.	Geometrie optischer Resonatoren	49
2.3.	Verluste optischer Resonatoren	50
2.4.	Optische Resonatoren als Speicher für Licht	53
2.5.	Schwingungsmoden in optischen Resonatoren	54
2.5.1.	Methoden zur Ermittlung der Feldverteilung im Resonator	54
2.5.2.	Feldverteilung in optischen Resonatoren	56

VIII *Inhaltsverzeichnis*

2.6.	Konfokale Resonatoren	60
2.7.	Allgemeine Resonatoren	63
2.7.1.	Planparallele Resonatoren	64
2.7.2.	Konfokale Resonatoren	64
2.7.3.	Überkonfokale Resonatoren	65
2.8.	Beugungsverluste optischer Resonatoren	66
2.9.	Frequenzspektrum optischer Resonatoren	67
2.10.	Resonanz-Kennlinie	69
2.11.	Anregung diskreter Moden optischer Resonatoren	71
3.	Das Laser-Prinzip	73
3.1.	Realisierung eines lichtverstärkenden Mediums	73
3.1.1.	Das Drei-Niveau-System	73
3.1.2.	Das Vier-Niveau-System	75
3.1.3.	Weitere Anregungsmechanismen	76
3.2.	Einwegverstärkung von Licht	78
3.3.	Verstärkung mit Rückkopplung	81
3.4.	Laser-Oszillatoren in Selbsterregung	84
3.5.	Modenspektrum von Laser-Oszillatoren	87
3.6.	Bandbreite von Laser-Oszillatoren.	90
3.7.	Photonen-Statistik des Laser-Oszillators	92
4.	Laser-Oszillatoren	97
4.1.	Gas-Laser	98
4.1.1.	Helium-Neon-Laser	101
4.1.2.	Ionen-Laser	104
4.1.3.	Molekül-Laser	107
4.1.4.	Gepulste Gas-Laser	109
4.2.	Farbstoff-Laser	111
4.2.1.	Termschema und Spektrum der Farbstoff-Moleküle	113
4.2.2.	Verstärkungseigenschaften der Farbstoff-Lösung	117
4.2.3.	Praktischer Aufbau eines Farbstoff-Lasers	118
4.2.4.	Abstimbarkeit des Farbstoff-Lasers	118
4.3.	Halbleiter-Laser	119
4.4.	Festkörper-Laser	123
4.4.1.	Allgemeine Eigenschaften	123

4.4.1.1.	Aktives Medium	124
4.4.1.2.	Optischer Resonator	124
4.4.1.3.	Anregung der Festkörper-Laser	125
4.4.2.	Der Rubin-Laser	128
4.4.2.1.	Laser-Kristall und Energieniveau-Schema	128
4.4.2.2.	Anregungsvorgang	129
4.4.2.3.	Das Emissionsverhalten – Spiking	130
4.4.3.	Der Neodym-Laser	131
5.	Erzeugung kurzer Lichtimpulse	133
5.1.	Pulsbetrieb des Lasers	133
5.2.	Gütemodulation (Q-Switch)	134
5.2.1.	Prinzip des Verfahrens	134
5.2.2.	Optische Schalter für Riesenimpuls-Laser	138
5.2.2.1.	Mechanische Schalter	139
5.2.2.2.	Elektrooptische Schalter	140
5.2.2.3.	Passive Schalter	140
5.2.2.4.	Gütemodulation durch einen passiven Schalter	142
5.2.3.	Grenzen der Gütemodulation	143
5.3.	Moden-Kopplung	144
5.3.1.	Prinzip des Verfahrens	144
5.3.2.	Realisierungsmöglichkeiten der Moden-Kopplung	153
5.4.	Zusammenfassung	155
6.	Nichtlineare Optik	157
6.1.	Lineare und nichtlineare Optik	157
6.2.	Grundlagen der Lichtausbreitung in transparenten Medien	158
6.2.1.	Lichtausbreitung in isotropen Medien	159
6.2.2.	Dispersion	162
6.2.3.	Lichtausbreitung in anisotropen Medien	163
6.3.	Erzeugung von Oberwellen im optischen Spektralbereich	165
6.3.1.	Das Verhalten der elektrischen Polarisation bei hohen Feldstärken	165
6.3.2.	Die Abstrahlung der nichtlinearen Polarisation	168
6.3.3.	Anpassung der Brechungsindizes (Index Matching)	171
6.3.4.	Erzeugung höherer Oberwellen	174
6.4.	Parametrische Laser-Systeme	175
6.4.1.	Parametrische Verstärker	175
6.4.2.	Parametrische Oszillatoren	177

6.5.	Der Raman-Effekt	179
6.5.1.	Spontane Raman-Streuung	179
6.5.2.	Induzierte Raman-Streuung	182
6.6.	Zusammenfassung	184
7.	Laser-Anwendungen	187
7.1.	Meßtechnik	187
7.1.1.	Puls-Echo-Verfahren zur Messung großer Entfernungen	187
7.1.2.	Interferometer-Verfahren	189
7.1.3.	Justier- und Leitstrahlverfahren	192
7.1.4.	Geschwindigkeitsmessung	193
7.1.4.1.	Akustischer Doppler-Effekt	193
7.1.4.2.	Optischer Doppler-Effekt	194
7.1.4.3.	Optisches Doppler-Radar	195
7.1.4.4.	Messung von Strömungsgeschwindigkeiten	195
7.2.	Holografie	196
7.2.1.	Die Bedeutung der Phase für die Wiedergabe	197
7.2.2.	Entstehung von Hologrammen	198
7.2.3.	Eigenschaften von Hologrammen	201
7.2.4.	Anwendungen der Holografie	203
7.3.	Materialbearbeitung	203
7.3.1.	Leistungsdichte von Laser-Licht	204
7.3.2.	Absorption von Laser-Licht	205
7.3.3.	Vorgänge bei der Materialbearbeitung	207
7.4.	Plasmaforschung	211
7.4.1.	Plasmeeigenschaften	211
7.4.1.1.	Plasmatemperatur	211
7.4.1.2.	Ionisierungsgrad	213
7.4.2.	Laserinduzierte Plasmen	213
7.4.2.1.	Entstehung eines Laser-Plasmas	213
7.4.2.2.	Beschleunigung der Elektronen im Strahlungsfeld und Aufheizen des Plasmas	216
7.4.3.	Kernfusion durch Laser	218
7.4.3.1.	Energieliefernde Kernreaktionen	218
7.4.3.2.	Fusionsexperimente mit Laser	219
7.5.	Medizinische und biologische Anwendungen	221
7.5.1.	Netzhautbehandlung	222
7.5.2.	Geschwüre und Krebs	223
7.5.3.	Zahnbehandlung	223
7.5.4.	Markierung von Geweben	223
7.5.5.	Chirurgie	224

7.6.	Nachrichtenübertragung und Datenspeicherung	224
7.6.1.	Prinzip der Nachrichtenübertragung	224
7.6.2.	Nachrichtenübertragung durch Laser	225
7.6.3.	Datenspeicherung	227
8.	Spezielle optische Elemente der Laser-Physik	229
8.1.	Laser-Spiegel	229
8.1.1.	Reflexion und Absorption	229
8.1.2.	Optische Qualität der Spiegel	229
8.1.3.	Metall-Spiegel	230
8.1.4.	Dielektrische Spiegel	230
8.2.	Polarisationselemente	232
8.2.1.	Polarisation des Lichtes	233
8.2.2.	Brewster-Platten	232
8.2.3.	Linear-Polarisatoren	236
8.2.4.	Zirkular-Polarisatoren	237
8.3.	Elektrooptische Elemente	239
8.3.1.	Kerr-Zelle	239
8.3.2.	Pockels-Zelle	242
Literaturnachweis		243
Stichwortverzeichnis		249