

Inhaltsverzeichnis

1	Licht, Atome, Moleküle, Festkörper	1
1.1	Eigenschaften von Licht	1
1.2	Atome: Elektronenbahnen, Energieniveaus	7
1.3	Atome mit mehreren Elektronen	9
1.4	Moleküle	12
1.5	Energieniveaus in Festkörpern	16
1.6	Energiebänder in Halbleitern	19
	Aufgaben	26
2	Absorption und Emission von Licht	29
2.1	Absorption	29
2.2	Spontane Emission	32
2.3	Lichtverstärkung durch induzierte Emission	32
2.4	Linienbreite	35
2.5	Inversionserzeugung und -abbau	39
2.6	Lichtemission durch beschleunigte Elektronen	42
2.7	Aufbau von Lasern	43
2.8	Zeitliches Emissionsverhalten	46
	Aufgaben	52
3	Lasertypen	55
3.1	Wellenlängen und Ausgangsleistungen	57
3.2	Abstimmbare Laser	60
3.3	Frequenzstabile Laser	62
3.4	Hochleistungslaser	63
3.5	Ultrakurze Lichtimpulse	64
3.6	Laserparameter	65
	Aufgaben	67
4	Laserübergänge in neutralen Atomen	69
4.1	Helium-Neon-Laser	69
4.2	Metaldampf-Laser (Cu, Au)	75
4.3	Jodlaser, COIL	80
	Aufgaben	81

5	Ionenlaser	83
5.1	Laser für kurze Wellenlängen	83
5.2	Edelgasionenlaser	85
5.3	Metalldampfionenlaser (Cd, Se, Cu)	90
	Aufgaben	93
6	Infrarot-Moleküllaser	95
6.1	Ferninfrarot-Laser	95
6.2	CO ₂ -Laser	98
6.3	CO-Laser	112
6.4	HF-Laser	114
	Aufgaben	119
7	UV-Moleküllaser	121
7.1	Stickstofflaser	122
7.2	Excimerlaser	124
	Aufgaben	132
8	Farbstofflaser	133
8.1	Eigenschaften von Farbstoffen	133
8.2	Anregung durch Blitzlampen	135
8.3	Anregung durch Laser	136
	Aufgaben	141
9	Festkörperlaser	143
9.1	Rubinlaser	144
9.2	Neodym-YAG-Laser und Alternativen	148
9.3	Glaslaser	156
9.4	Erbium- und Holmiumlaser	158
9.5	Abstimmbare Festkörperlaser	162
9.6	Farbzentrenlaser	169
9.7	Diodengepumpte Laser, Scheiben- und Faserlaser	172
	Aufgaben	177
10	Halbleiterlaser	179
10.1	Lichtverstärkung in pn-Dioden	181
10.2	GaAlAs- und InGaAsP-Laser	183
10.3	Bauformen von Diodenlasern	185
10.4	Emissionseigenschaften von Diodenlasern	195
10.5	Frequenzabstimmung von Diodenlasern	200
10.6	Oberflächenemittierende Diodenlaser (VCSEL)	207
10.7	Halbleiterlaser für tieferes Infrarot und THz-Strahlung	209
10.8	Violette, blaue und grüne GaN-Laser	212
10.9	Halbleiterlaser für die Telekommunikation	214
	Aufgaben	215

11 FELs, kohärente Röntgen- und Atomstrahlen	217
11.1 Elektronenstrahllaser (FEL)	218
11.2 Röntgen- und VUV-Laser mit hochionisierten Atomen	223
11.3 Kohärente Atomstrahlen	228
Aufgaben	229
12 Ausbreitung von Lichtwellen	231
12.1 Ebene und Kugelwellen, Beugung	231
12.2 Gauß-Strahlen	234
12.3 Durchgang von Gauß-Strahlen durch Linsen	239
12.4 Fernrohre und Ortsfrequenzfilter	242
12.5 Ausbreitung realer Laserstrahlen	245
12.6 Optische Materialien	251
12.7 Optische Fasern	253
Aufgaben	261
13 Optische Resonatoren	265
13.1 Planspiegelresonator	265
13.2 Hohlspiegelresonator	268
13.3 Resonatortypen	272
13.4 Instabile Resonatoren	276
13.5 Laser mit Grundmode	277
Aufgaben	279
14 Spiegel	281
14.1 Reflexion und Brechung	282
14.2 Metallspiegel	286
14.3 Dielektrische Vielschichtenspiegel	286
14.4 Strahlteiler	292
14.5 Phasenkonjugatoren	293
Aufgaben	298
15 Polarisisation	299
15.1 Arten der Polarisisation	299
15.2 Doppelbrechung	301
15.3 Polarisatoren	303
Aufgaben	306
16 Modulation und Ablenkung	307
16.1 Mechanische Modulatoren und Scanner	307
16.2 Akustooptische Modulatoren	308
16.3 Elektrooptische Modulatoren	311
16.4 Optische Isolatoren	314
16.5 Sättigbare Absorber	316
Aufgaben	317

17 Pulsbetrieb	319
17.1 Relaxationsschwingungen	320
17.2 Güteschaltung	322
17.3 Puls-Auskopplung (cavity-dumping)	326
17.4 Modenkopplung	327
17.5 Verstärkung und Kompression	334
Aufgaben	337
18 Frequenzselektion und -abstimmung	339
18.1 Frequenzabstimmung	339
18.2 Longitudinale Modenselektion	340
18.3 Prisma	343
18.4 Gitter	344
18.5 Fabry-Perot-Etalon	346
18.6 Doppelbrechende Filter	348
Aufgaben	349
19 Frequenzumsetzung	351
19.1 Doppler-Effekt	351
19.2 Nichtlineare optische Effekte	352
19.3 Frequenzverdopplung und -vervielfachung	353
19.4 Parametrische Verstärker und Oszillatoren	357
19.5 Stimulierte Ramanstreuung	359
19.6 Kontinuumserzeugung	362
19.7 Erzeugung hoher Harmonischer in Gasen	363
Aufgaben	366
20 Stabilität und Kohärenz	367
20.1 Leistungsstabilität	367
20.2 Frequenzstabilität	369
20.3 Schrotrauschen, Squeezed States	372
20.4 Kohärenz	374
Aufgaben	377
21 Photodetektoren und Energiemessgeräte	379
21.1 Messtechnische Grundbegriffe	379
21.2 Thermische Detektoren	380
21.3 Vakuumphotodetektoren	382
21.4 Halbleiterdetektoren	386
21.5 Messung ultrakurzer Lichtpulse mit Autokorrelator und FROG	390
Aufgaben	391

22	Spektralapparate und Interferometer	393
22.1	Prismenspektrometer	393
22.2	Gitterspektrometer	394
22.3	Zweistrahlinterferometer	396
22.4	Fabry-Perot-Interferometer	397
22.5	Optisches Überlagerungsverfahren	399
	Aufgaben	400
23	Anwendungen und Entwicklungspotenzial	401
23.1	Nachrichtenübertragung mit Glasfasern	401
23.2	Materialbearbeitung mit Lasern	403
23.3	Laser in der Medizin und Biophotonik	414
23.4	Kernfusion mit Lasern	425
23.5	Wissenschaftliche Anwendungen	427
23.6	Holographie und Interferometrie	428
23.7	Lichtstreuung zur Strömungsmesstechnik	431
23.8	Laser in Geräten und Gebrauchsgütern	432
23.9	Perspektiven der Laserentwicklung	440
	Aufgaben	445
24	Sicherheit von Laser-Einrichtungen	447
24.1	Grenzwerte für das Auge	448
24.2	Laser-Schutzbrillen	449
24.3	Laserklassen und Gefährdungspotenzial	451
24.4	Sicherheitsvorschriften	451
	Lösungen	453
	Weiterführende Literatur	481
	Sachverzeichnis	485