

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 Metaldampflionenlaser (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 Resonator Typen	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	Polarisation	299
	15.1 Arten der Polarisation	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