

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Licht, Atome, Moleküle, Festkörper .....</b>	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
<b>2</b>	<b>Absorption und Emission von Licht .....</b>	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
<b>3</b>	<b>Lasertypen .....</b>	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
<b>4</b>	<b>Laserübergänge in neutralen Atomen .....</b>	69
4.1	Helium-Neon-Laser .....	69
4.2	Metalldampf-Laser (Cu, Au) .....	75
4.3	Jodlaser, COIL .....	80
	Aufgaben .....	81

## VIII Inhaltsverzeichnis

<b>5 Ionenlaser</b> .....	83
5.1 Laser für kurze Wellenlängen .....	83
5.2 Edelgasionenlaser .....	85
5.3 Metalldampfionenlaser (Cd, Se, Cu) .....	90
Aufgaben .....	93
<b>6 Infrarot-Moleküllaser</b> .....	95
6.1 Ferninfrarot-Laser .....	95
6.2 CO <sub>2</sub> -Laser .....	98
6.3 CO-Laser .....	112
6.4 HF-Laser .....	114
Aufgaben .....	119
<b>7 UV-Moleküllaser</b> .....	121
7.1 Stickstofflaser .....	122
7.2 Excimerlaser .....	124
Aufgaben .....	132
<b>8 Farbstofflaser</b> .....	133
8.1 Eigenschaften von Farbstoffen .....	133
8.2 Anregung durch Blitzlampen .....	135
8.3 Anregung durch Laser .....	136
Aufgaben .....	141
<b>9 Festkörperlaser</b> .....	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
<b>10 Halbleiterlaser</b> .....	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

<b>11 FELs, kohärente Röntgen- und Atomstrahlen</b> .....	217
11.1 Elektronenstrahl laser (FEL) .....	218
11.2 Röntgen- und VUV-Laser mit hochionisierten Atomen .....	223
11.3 Kohärente Atomstrahlen .....	228
Aufgaben .....	229
<b>12 Ausbreitung von Lichtwellen</b> .....	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
<b>13 Optische Resonatoren</b> .....	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
<b>14 Spiegel</b> .....	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
<b>15 Polarisation</b> .....	299
15.1 Arten der Polarisation .....	299
15.2 Doppelbrechung .....	301
15.3 Polarisatoren .....	303
Aufgaben .....	306
<b>16 Modulation und Ablenkung</b> .....	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

## X Inhaltsverzeichnis

<b>17 Pulsbetrieb</b> . . . . .	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
<b>18 Frequenzselektion und -abstimmung</b> . . . . .	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
<b>19 Frequenzumsetzung</b> . . . . .	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
<b>20 Stabilität und Kohärenz</b> . . . . .	367
20.1 Leistungsstabilität . . . . .	367
20.2 Frequenzstabilität . . . . .	369
20.3 Schrotrauschen, Squeezed States . . . . .	372
20.4 Kohärenz . . . . .	374
Aufgaben . . . . .	377
<b>21 Photodetektoren und Energiemessgeräte</b> . . . . .	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

<b>22 Spektralapparate und Interferometer</b> .....	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
<b>23 Anwendungen und Entwicklungspotenzial</b> .....	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
<b>24 Sicherheit von Laser-Einrichtungen</b> .....	447
24.1 Grenzwerte für das Auge .....	448
24.2 Laser-Schutzbrillen .....	449
24.3 Laserklassen und Gefährdungspotenzial .....	451
24.4 Sicherheitsvorschriften .....	451
<b>Lösungen</b> .....	453
<b>Weiterführende Literatur</b> .....	481
<b>Sachverzeichnis</b> .....	485