

Jürgen Eichler Hans Joachim Eichler

6 2/ 1-

Laser

Bauformen

Strahlführung

Anwendungen

Dritte, völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 258 Abbildungen, 55 Tabellen,

149 Aufgaben und vollständigen Lösungen wegen



Springer

Inhaltsverzeichnis

1. Licht, Atome, Moleküle, Festkörper	1
1.1 Eigenschaften von Licht	1
1.2 Atome: Elektronenbahnen, Energieniveaus	6
1.3 Atome mit mehreren Elektronen	9
1.4 Moleküle	11
1.5 Energieniveaus in Festkörpern	16
1.6 Energiebänder in Halbleitern	19
Aufgaben	22
2. Absorption und Emission von Licht	23
2.1 Absorption	23
2.2 Spontane Emission	25
2.3 Lichtverstärkung durch induzierte Emission	27
2.4 Linienbreite	29
2.5 Inversionserzeugung und -abbau	33
2.6 Aufbau von Lasern	35
2.7 Zeitliches Emissionsverhalten	38
Aufgaben	44
3. Lasertypen	47
3.1 Wellenlängen und Ausgangsleistungen	49
3.2 Abstimmbare Laser	52
3.3 Frequenzstabile Laser	54
3.4 Hochleistungslaser	55
3.5 Ultrakurze Lichtimpulse	56
3.6 Laserparameter	57
Aufgaben	59
4. Infrarot-Moleküllaser	61
4.1 Ferninfrarot-Laser	61
4.2 CO ₂ -Laser	64
4.3 CO-Laser	78
4.4 HF-Laser	80
Aufgaben	85

VIII Inhaltsverzeichnis

5. Laserübergänge in neutralen Atomen	87
5.1 He-Ne-Laser	87
5.2 Metaldampf-Laser (Cu, Au)	93
5.3 Jodlaser	97
Aufgaben	99
6. Ionenlaser	101
6.1 Laser für kurze Wellenlängen	101
6.2 Edelgasionenlaser	103
6.3 Metaldampfionenlaser (Cd, Se, Cu)	108
Aufgaben	111
7. UV-Moleküllaser	113
7.1 Stickstofflaser	114
7.2 Excimerlaser	116
Aufgaben	122
8. Festkörperlaser	123
8.1 Rubinlaser	124
8.2 Neodym-YAG-Laser, GSSG, YLF, YALO	128
8.3 Glaslaser	136
8.4 Erbium- und Holmiumlaser	138
8.5 Abstimmbare Festkörperlaser	141
8.6 Farbzentrenlaser	145
8.7 Diodengepumpte und Faserlaser	149
Aufgaben	152
9. Farbstofflaser	155
9.1 Eigenschaften von Farbstoffen	155
9.2 Anregung durch Blitzlampen	157
9.3 Anregung durch Laser	158
Aufgaben	163
10. Halbleiterlaser	165
10.1 Lichtverstärkung in p-n-Dioden	166
10.2 GaAlAs- und InGaAsP-Laser	168
10.3 Frequenzabstimmung von Diodenlasern	178
10.4 Oberflächenemittierende Diodenlaser, VCSEL	183
10.5 Bleisalzlaser	186
10.6 Grüne und blaue ZnSe- und GaN-Laser	186
Aufgaben	189

11. FELs, kohärente Röntgen- und Atomstrahlen	191
11.1 Elektronenstrahllaser (FEL)	192
11.2 Röntgenlaser	196
11.3 Kohärente Atomstrahlen	200
Aufgaben	201
12. Ausbreitung von Lichtwellen	203
12.1 Ebene und Kugelwellen, Beugung	203
12.2 Gauß-Strahlen	205
12.3 Durchgang von Gauß-Strahlen durch Linsen	211
12.4 Fernrohre und Ortsfrequenzfilter	213
12.5 Ausbreitung realer Laserstrahlen	216
12.6 Optische Fasern	218
12.7 Optische Materialien	224
Aufgaben	227
13. Optische Resonatoren	229
13.1 Planspiegelresonator	229
13.2 Hohlspiegelresonator	232
13.3 Resonatortypen	236
13.4 Instabile Resonatoren	240
13.5 Laser mit Grundmode	241
Aufgaben	243
14. Spiegel	245
14.1 Reflexion und Brechung	246
14.2 Metallspiegel	250
14.3 Dielektrische Vielschichtenspiegel	250
14.4 Strahlteiler	256
14.5 Phasenkonjugatoren	257
Aufgaben	262
15. Polarisisation	263
15.1 Arten der Polarisisation	263
15.2 Doppelbrechung	265
15.3 Polarisatoren	267
Aufgaben	270
16. Modulation und Ablenkung	271
16.1 Mechanische Modulatoren und Scanner	271
16.2 Akustooptische Modulatoren	272
16.3 Elektrooptische Modulatoren	275
16.4 Optische Isolatoren	278
16.5 Sättigbare Absorber	280
Aufgaben	280

17. Pulsbetrieb	283
17.1 Relaxationsschwingungen	284
17.2 Güteschaltung	286
17.3 Puls-Auskopplung (cavity-dumping)	291
17.4 Modenkopplung	292
17.5 Verstärkung und Kompression	298
Aufgaben	299
18. Frequenzselektion und -abstimmung	301
18.1 Frequenzabstimmung	301
18.2 Longitudinale Modenselektion	302
18.3 Prisma	305
18.4 Gitter	306
18.5 Fabry-Perot-Etalon	308
18.6 Doppelbrechende Filter	309
Aufgaben	311
19. Frequenzumsetzung	313
19.1 Doppler-Effekt	313
19.2 Nichtlineare optische Effekte	314
19.3 Frequenz Verdopplung und -Vervielfachung	315
19.4 Parametrische Oszillatoren	319
19.5 Stimulierte Ramanstreuung	321
19.6 Kontinuumserzeugung	323
19.7 Erzeugung und Charakterisierung	
hoher Harmonischer in Gasen	324
Aufgaben	327
20. Stabilität und Kohärenz	329
20.1 Leistungsstabilität	329
20.2 Frequenzstabilität	331
20.3 Schrotrauschen, Squeezed States	334
20.4 Kohärenz	336
Aufgaben	339
21. Photodetektoren und Energiemeßgeräte	341
21.1 Meßtechnische Grundbegriffe	341
21.2 Thermische Detektoren	342
21.3 Vakuumphotodetektoren	344
21.4 Halbleiterdetektoren	348
Aufgaben	352

22. Spektralapparate und Interferometer	353
22.1 Prismenspektrometer	353
22.2 Gitterspektrometer	355
22.3 Zweistrahlinterferometer	356
22.4 Fabry-Perot-Interferometer	357
22.5 Optisches Überlagerungsverfahren	359
Aufgaben	360
23. Anwendungen und Entwicklungspotential	361
23.1 Nachrichtenübertragung mit Glasfasern	361
23.2 Materialbearbeitung mit Lasern	363
23.3 Laser in der Medizin	372
23.4 Kernfusion mit Lasern	376
23.5 Wissenschaftliche Anwendungen	378
23.6 Holographie und Interferometrie	379
23.7 Lichtstreuung zur Strömungsmeßtechnik	381
23.8 Laser in Geräten und Gebrauchsgütern	383
23.9 Perspektiven der Laserentwicklung	389
Aufgaben	394
24. Sicherheit von Laser-Einrichtungen	395
24.1 Grenzwerte für das Auge	396
24.2 Laser-Schutzbrillen	397
24.3 Laserklassen und Gefährdungspotential	398
24.4 Sicherheitsvorschriften	399
Lösungen	401
Weiterführende Literatur	425
Sachverzeichnis	429