

Obsah

1	Laserová fyzika	11
1	Úvod k laserové fyzice	13
1.1	Historie laseru	15
2	Interakce světla s látkou	19
2.1	Klasický popis interakce světla s dielektrikem – Lorentzův model	19
2.2	Einsteinův popis interakce světla s látkou	22
2.3	Interakce světla s atomem – semiklasický popis	26
2.4	Tvar spektrální čáry přechodu	37
2.5	Zesílení a absorpce světla při průchodu látkou	46
3	Laserové kinetické rovnice	50
3.1	Formulace laserových kinetických rovnic	50
3.2	Laserový oscilátor	54
3.3	Práh laseru	56
3.4	Saturace zisku	58
3.4.1	Případ homogenního rozšíření	59
3.4.2	Případ nehomogenního rozšíření	63
3.4.3	Zesílení světla při průchodu aktivním prostředím (se započítáním saturace)	67
3.4.4	Princip saturační spektroskopie a frekvenční stabili- zace nehomogenně rozšířených laserů	69
4	Laserové rezonátory	72
4.1	Optický rezonátor	72
4.1.1	Rezonátor se dvěma zrcadly – řešení pomocí geomet- rické optiky	73
4.2	Uzavřená pravoúhlá rezonanční dutina	74

4.3	Rezonátor laseru z hlediska vlnové teorie	79
4.3.1	Fresnelovo číslo rezonátoru	82
4.3.2	Numerické řešení rezonátoru s rovinnými zrcadly (te- orie autorů Foxe a Li)	84
4.4	Gaussův svazek jako základní mód rezonátoru se dvěma ku- lovými zrcadly	86
4.4.1	Vlastnosti gaussovského svazku	87
4.4.2	Gaussovský svazek v laserovém rezonátoru se dvěma kulovými zrcadly	90
4.4.3	Módy vyšších řádů	97
4.5	Selekce módů rezonátoru	99
4.5.1	Selekce příčných módů	99
4.5.2	Selekce podélných módů	99
4.6	Nestabilní rezonátory	101
4.7	Charakterizace reálných laserových svazků	102
5	Dynamické chování laseru	103
5.1	Stacionární režim laseru	103
5.1.1	Módová struktura pole a kontinuální režim laseru . . .	104
5.1.2	Intenzita světla v rezonátoru kontinuálního laseru . . .	106
5.1.3	Relaxační oscilace, stabilita stacionárního řešení laseru	113
5.2	Q-spínání	120
5.2.1	Lasery s aktivním Q-spínáním	120
5.2.2	Lasery s pasivním Q-spínáním	126
5.2.3	Tlumení rezonátoru	132
5.3	Synchronizace módů laseru	132
5.3.1	Jednoduchý model režimu synchronizace módů	134
5.3.2	Model synchronizace módů pro případ disperze v la- serovém rezonátoru	136
5.3.3	Femtosekundové lasery	140
6	Semiklasická teorie laseru	150
6.1	Adiabatická aproximace	150
6.2	Semiklasická teorie laseru	152
6.3	Laserová dynamika – třídy laserů a chaos v laserech	167
7	Typy laserů	174
7.1	Plynové lasery	174

7.2	Barvivové lasery	188
7.3	Pevnolátkové lasery	193
7.4	Polovodičové lasery	199
7.5	Vláknové lasery	204
7.6	Laser na volných elektronech	205

II Nelineární optika 209

8 Úvod do nelineární optiky 211

8.1	Historie	212
8.2	Lineární a nelineární optika	214
8.3	Příklad generace součtové a rozdílové frekvence	216
8.4	Fyzikální mechanismy nelinearit	217

9 Nelineární interakce světla s látkou 219

9.1	Lorentzův mikroskopický model	219
9.2	Nelineární susceptibilita	224
9.2.1	Lineární polarizace	226
9.2.2	Polarizace druhého řádu	227
9.3	Popis v časové doméně	228
9.4	Vlastnosti susceptibility druhého řádu	229
9.4.1	Vliv symetrie	229
9.4.2	Efektivní hodnota	233
9.5	Kvantově-mechanická teorie susceptibility	237
9.5.1	Poruchová teorie	237
9.5.2	Lineární susceptibilita	240
9.5.3	Nelineární susceptibilita druhého řádu	242

10 Rovnice vázaných vln 244

10.1	Nelineární vlnová rovnice	244
10.2	Součtová frekvence	246
10.3	Podmínka sfázování	246
10.4	Manleyovy-Roweovy relace	249
10.5	Parametrické a neparametrické procesy	251

11 Nelineární jevy druhého řádu 252

11.1	Generace druhé harmonické frekvence	252
11.2	Metody sfázování	255

11.2.1	Úhlové ladění	259
11.2.2	Teplovní ladění	260
11.2.3	Kvazisfázování	261
11.3	Generace součtové frekvence	264
11.4	Generace rozdílové frekvence	268
11.5	Optický parametrický zesilovač	271
11.6	Optický parametrický generátor	272
11.7	Optický parametrický oscilátor	272
12	Nelineární jevy třetího řádu	275
12.1	Susceptibilita třetího řádu	275
12.1.1	Lorentzův mikroskopický model	275
12.1.2	Vlastnosti susceptibility třetího řádu	276
12.1.3	Manleyovy-Roweovy relace	277
12.2	Generace třetí harmonické frekvence	277
12.3	Generace kontinua	281
12.4	Degenerovaná čtyřfotonová parametrická interakce	283
12.5	Nelineární index lomu	284
12.6	Nelineární absorpce	287
12.7	Autofokusace	289
12.7.1	Model autofokusace	290
12.7.2	Samozachycení světla	290
12.7.3	Rozpad svazku	292
12.8	Automodulace fáze	292
12.8.1	Princip automodulace fáze	293
12.8.2	Rovnice šíření pulzu	295
12.8.3	Optický soliton	298
12.9	Optická fázová konjugace	299
12.9.1	Konjugovaná vlna	299
12.9.2	Odstranění aberací	300
12.9.3	Řešení rovnic vázaných vln	301
12.10	Indukovaná mřížka	304
12.10.1	Vytvoření tenké mřížky	305
12.10.2	Difrakce na tenké mřížce	306
12.10.3	Difrakce na tlusté mřížce	310
12.11	Optická bistabilita	311
12.11.1	Nelineární médium ve Fabryově-Perotově rezonátoru	312
12.11.2	Absorpční bistabilita	313

12.11.3 Disperzní bistabilita	316
12.12 Dvoufotonová absorpce	318
12.12.1 Kvantově-mechanický popis	318
12.12.2 Hyperbolický útlum	320
12.12.3 Dvoufotonová absorpční spektroskopie	320
12.12.4 Bez Dopplerovská spektroskopie	321
12.12.5 Vícefotonová ionizace	321
13 Stimulované rozptyly	323
13.1 Přehled rozptylů	323
13.2 Spontánní Ramanův rozptyl	325
13.3 Stimulovaný Ramanův rozptyl	327
13.3.1 Popis pomocí obsazovacích čísel módů	327
13.3.2 Popis pomocí nelineární polarizace	327
13.3.3 Anti-Stokesova složka	330
13.3.4 Příspěvek čtyřvlnného směřování	330
13.3.5 Spektroskopie CARS	332
13.4 Stimulovaný Brillouinův rozptyl	333
13.4.1 SBS generátor	334
13.4.2 Rovnice vázaných vln	336
13.4.3 Anti-Stokesova složka	340
14 Elektrooptický jev	342
14.1 Přehled elektrooptických jevů	342
14.2 Pockelsův elektrooptický jev	343
14.3 Elektrooptický modulátor	346
15 Akustooptika	351
15.1 Braggův rozptyl	351
15.2 Ramanův-Nathův rozptyl	355
15.3 Akustooptická zařízení	357
16 Režim silného pole	359
16.1 Generace vysokých harmonik	360
16.2 Attosekundové pulzy	366
17 Koherentní jevy	368
17.1 Optické Blochovy rovnice	368
17.1.1 Dvouhladinový systém	368

17.1.2	Stacionární odezva	370
17.1.3	Polarizace	372
17.1.4	Maxwellova-Blochova rovnice	373
17.1.5	Rabiho frekvence	374
17.1.6	Plocha pulzu	375
17.2	Autoindukovaná propustnost	376
17.3	Dohasínání volné polarizace	376
17.4	Optická nutace	377
17.5	Fotonové echo	378