

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	1
PRZEDMOWA DO WYDANIA I	2
SPIS NAJWAŻNIEJSZYCH SYMBOLI	8
I. WSTĘP	12
II. ŚWIATŁO LASEROWE	21
1. Wstęp	21
2. Rozbieżność wiązki	22
3. Monochromatyczność	24
4. Moc, gęstość mocy i luminancja	24
5. Spójność	25
6. Właściwości statystyczne	34
7. Literatura	38
III. ABSORPCJA I EMISJA ŚWIATŁA	40
1. Wstęp	40
2. Równania kinetyczne	42
3. Szerokość linii spektralnej	45
3.1. Poszerzenie jednorodne	47
3.2. Poszerzenie niejednorodne	49
3.3. Profil Voigta	51
3.4. Inne przyczyny poszerzenia linii widmowych	53
4. Schemat dwupoziomowy	54
5. Schemat trójpoziomowy	55
6. Schemat czteropoziomowy	57
7. Uzupełnienia	59
7.1. Energia atomów wieloelektronowych	59
7.2. Energia cząsteczek	62

7.3. Współczynniki Einsteina	63
7.4. Rozkład Plancka	69
7.5. Poszerzenie naturalne linii emisji (jednorodne)	75
7.6. Poszerzenie dopplerowskie linii emisji (niejednorodne)	76
7.7. Ewolucja w czasie obsadzeń stanów laserowych	78
8. Literatura	79
IV. WZMOCNIENIE I WZMACNIACZE ŚWIATŁA	80
1. Wstęp	80
2. Współczynnik wzmocnienia	82
3. Linie jednorodnie poszerzone	87
3.1. Nasycenie wzmocnienia	87
3.2. Pasma wzmocnienia	89
3.3. Przesunięcie fazy	91
3.4. Wzmocnienie a natężenie sygnału wzmacnianego	92
3.5. Stabilizacja natężenia	94
4. Linie niejednorodnie poszerzone	95
4.1. Współczynnik wzmocnienia	95
4.2. Spektralne wypalanie dziur	97
5. Wzmacnianie impulsów	99
6. Szum wzmacniaczy optycznych	105
7. Pomiar współczynnika wzmocnienia	108
8. Literatura	109
V. REZONATORY OPTYCZNE	111
1. Wstęp	111
2. Dobroć rezonatora	112
3. Rezonator Fabry-Perota	114
3.1. Płaski rezonator Fabry-Perota	115
3.2. Stabilność rezonatorów	119
3.3. Straty dyfrakcyjne	128
4. Mody rezonatora optycznego	131
4.1. Mody podłużne	132
4.2. Mody poprzeczne	133
5. Wiązki gaussowskie w rezonatorach	136
6. Rezonator trójkwadracny	139
7. Rezonatory pierścieniowe	141
8. Rezonatory selektywne	142
8.1. Selekcja modów poprzecznych	143
8.2. Selekcja modów podłużnych	143
9. Rezonatory laserów półprzewodnikowych	153

10. Rezonatory astabilne	156
11. Rezonatory falowodowe	161
12. Rezonatory sferyczne	162
13. Uzupełnienia	165
13.1. Elementy techniki rezonatorów	165
13.1.1. Zwierciadła dielektryczne	165
13.1.2. Zwierciadła przeciwodblaskowe	176
13.1.3. Zwierciadła z zakresu EUV i XUV	181
13.1.4. Kąt Brewstera	183
13.1.5. Kontrola polaryzacji światła	187
13.1.6. Odbiciowe siatki dyfrakcyjne	191
13.1.7. Płytki Brewstera	197
13.1.8. Filtr Lyota	198
13.1.9. Dioda optyczna	201
13.2. Wiązki gaussowskie	204
13.2.1. Przybliżenie wolno zmiennej obwiedni I	204
13.2.2. Wiązka gaussowska	206
13.2.3. Transformacja przez układ optyczny	209
13.2.4. Wiązki wyższych rzędów	213
13.2.5. Wyznaczanie parametrów wiązki gaussowskiej	216
13.3. Rezonatory wielozwierciadłowe	218
14. Literatura	223
VI. AKCJA LASEROWA	225
1. Wstęp	225
2. Próg akcji laserowej	230
3. Gęstość fotonów we wnętrzu	233
4. Równania kinetyczne lasera	236
5. Hydrauliczny model strat i progu	238
6. Rozwiązania stacjonarne	239
7. Szerokość spektralna linii	246
8. Przestrzenne wypalanie dziur	247
9. Przeciaganie modów	250
10. Optymalizacja mocy lasera	253
10.1. Lasery liniowe	254
10.1.1. Małe wzmocnienie	254
10.1.2. Duże wzmocnienie	257
10.2. Lasery pierścieniowe	262
10.2.1. Wnęka o dużej dobroci	264
10.2.2. Duża strata i duże wzmocnienie	265
11. Stabilizacja pracy lasera	266
11.1. Stabilizacja częstotliwości	266

11.2. Stabilizacja natężenia	269
12. Dynamika generacji światła	270
12.1. Oscylacje relaksacyjne	271
12.2. Amplitudowa wewnętrzna modulacja laserów	274
12.3. Impulsy gigantyczne	275
12.3.1. Metody zmian dobroci wnęki	276
12.3.2. Opis generacji gigantycznej	278
12.4. Modulacja wnęki o dużej dobroci	281
12.5. Synchronizacja modów podłużnych	282
12.5.1. Ośrodki niejednorodnie poszerzone	282
12.5.2. Ośrodki jednorodnie poszerzone	286
12.5.3. Metody realizacji synchronizacji modów	294
12.6. Synchronizacja modów poprzecznych	300
13. Impulsy femtosekundowe	303
13.1. Generacja impulsów femtosekundowych	304
13.1.1. Dyspersja i jej kompensacja	304
13.1.2. Kompresja impulsów	316
13.1.3. Selekcja pojedynczego impulsu	323
13.2. Diagnostyka impulsów femtosekundowych	324
13.2.1. Pomiar czasu trwania impulsu	327
13.2.2. Pełna diagnostyka impulsów femtosekundowych	335
14. Wzmacniacze laserowe	348
15. Uzupełnienia	354
15.1. Generacja impulsów attosekundowych	354
15.1.1. Generacja wyższych harmoniczných	355
15.1.2. Diagnostyka impulsów attosekundowych	361
16. Literatura	366
VII. LASERY GAZOWE	368
1. Wstęp	368
2. Pompowanie laserów gazowych	369
2.1. Wyladowanie w gazach	370
2.2. Mechanizmy pompowania laserów gazowych	371
3. Laser <i>He-Ne</i>	375
4. Lasery jonowe	383
4.1. Laser argonowy	384
4.2. Lasery rentgenowskie	388
5. Lasery plazmowe	394
6. Lasery cząsteczkowe	396
6.1. Laser <i>CO₂</i>	396
6.2. Lasery ekscymerowe	399

6.3. Lasery gazodynamiczne	404
6.4. Lasery chemiczne	405
7. Uzupełnienia	406
7.1. Widma cząsteczek	406
7.2. Lasery na gazach szlachetnych	414
7.3. Lasery na jonach metali	414
7.4. Lasery na zdysocjowanych cząsteczkach	417
7.5. Laser azotowy i wodorowy	418
8. Literatura	424
VIII. LASERY BARWNIKOWE	425
1. Wstęp	425
2. Pompowanie laserów cieczowych	433
3. Równania kinetyczne	435
4. Próg ciągłej pracy lasera barwnikowego	441
5. Lasery z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym	445
6. Uzupełnienia	447
6.1. Wpływ otoczenia na luminescencję roztworów	447
7. Literatura	451
IX. LASERY NA CIELE STAŁYM	452
1. Wstęp	452
2. Pompowanie laserów na ciele stałym	456
2.1. Pompowanie lampami błyskowymi	456
2.2. Pompowanie diodami laserowymi	459
2.2.1. Pompowanie lampami a diodami laserowymi	459
2.2.2. Metody pompowania	462
3. Lasery na metalach przejściowych	465
3.1. Laser rubinowy	465
3.2. Laser aleksandrytowy	469
3.3. Laser tytanowo-szafirowy	470
4. Lasery na trójwartościowych ziemiach rzadkich	475
4.1. Laser neodymowy	476
4.2. Lasery światłowodowe	478
4.2.1. Wstęp	478
4.2.2. Laser Nd^{3+}	485
4.2.3. Laser Er^{3+}	486
4.2.4. Laser Pr^{3+}	488
4.2.5. Synchronizacja modów	489
5. Mikrolasery	492
5.1. Lasery z mikrownękami	493
5.2. Lasery sferyczne	495

6. Lasery na ośrodkach nieuporządkowanych (NON)	496
6.1. Cechy laserów NON	498
6.2. Zastosowania laserów NON	500
7. Lasery na centrach barwnych	502
8. Uzupełnienia	504
8.1. Elementy teorii światłowodów	504
8.1.1. Wstęp	504
8.1.2. Model zygzakowy	506
8.1.3. Teoria falowa światłowodów cylindrycznych	516
8.1.4. Właściwości transmisyjne	525
8.2. Zwierciadła i przełączniki pętlowe	534
8.3. Wzmacniacze światłowodowe	537
9.3.1. Wzmacniacze erbowe	537
9.3.2. Światłowodowe wzmacniacze Ramana	549
9. Literatura	551
X. LASERY PÓLPRZEWODNIKOWE	553
1. Wstęp	553
2. Podstawowe właściwości półprzewodników	553
2.1. Elektrony i dziury. Masa efektywna	556
2.2. Złącze p - n	561
3. Rekombinacja dziura–elektron	568
4. Emisja spontaniczna (rekombinacyjna)	574
5. Wzmocnienie w półprzewodnikach	575
6. Prąd progowy lasera półprzewodnikowego	579
7. Równania kinetyczne	580
8. Dynamika laserów półprzewodnikowych	584
9. Właściwości promieniowania lasera półprzewodnikowego	588
9.1. Widmo emisji	588
9.2. Rozkład przestrzenny promieniowania	592
10. Lasery diodowe (homozłączowe)	594
11. Lasery heterozłączowe	596
12. Lasery niebieskie i UV	598
13. Lasery niskowymiarowe	599
14. Lasery typu VCSEL	604
15. Lasery z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym	605
16. Uzupełnienia	608
16.1. Gęstość stanów elektronów i dziur	608

16.1.1. Gęstość stanów w półprzewodnikach objętościowych	608
16.1.2. Gęstość stanów w dwuwymiarowych strukturach półprzewodnikowych	610
16.2. Wpływ temperatury na prąd progowy	611
16.3. Teoria fal sprzężonych	614
17. Literatura	619
XI. LASERY NA SWOBODNYCH ELEKTRONACH	621
1. Wstęp	621
2. Promieniowanie swobodnego elektronu	624
3. Zasada działania FEL	626
4. Laser helikalny	633
4.1. Ruch elektronu w wigglerze	633
4.2. Wzmocnienie	640
5. Stan obecny	644
7. Literatura	646
XII. ELEMENTY OPTYKI NIELINIOWEJ	648
1. Wstęp	648
2. Nieliniowość drugiego rzędu	657
2.1. Generacja drugiej harmonicznej	657
2.2. Mieszanie trzech fal	663
2.3. Dopasowanie fazowe	666
3. Nieliniowość trzeciego rzędu	671
3.1. Wymuszony efekt Ramana	671
3.2. Wymuszone rozpraszanie Brillouina	675
3.3. Optyczny efekt Kerra	677
3.4. Samogniskowanie	679
3.5. Samomodulacja fazowa	684
3.6. Skrośna modulacja fazy	686
3.7. Solitony przestrzenne	686
3.8. Solitony optyczne	688
3.8.1. Nieliniowe równanie Schrödingera	689
3.8.2. Solitony wyższych rzędów	696
3.8.3. Solitony ciemne	697
3.9. Procesy parametryczne	698
3.9.1. Mieszanie czterech fal	698
3.9.2. Wzmocnienie parametryczne	699
4. Uzupełnienia	700
4.1. Przybliżenie wolnozmiennnej obwiedni	700
5. Literatura	704

XIII. WYBRANE ZASTOSOWANIA	705
1. Grzebień optyczny	705
2. Chłodzenie laserowe	709
3. Szczypce i klucze laserowe	713
3.1. Szczypczyki laserowe	713
3.2. Klucze laserowe	716
4. Elementy transmisji światłowodowej	719
4.1. Wstęp	719
4.2. Systemy kodowania	723
4.3. Szybkość transmisji	725
5. Plamkowanie	729
5.1. Typy plamek	729
5.2. Rozkład plamek	732
5.3. Fotografia plamkowa	733
5.4. Interferometria plamkowa	735
6. Anemometria laserowa	735
6.1. Model dopplerowski	736
6.1.1. Efekt Dopplera	736
6.1.2. Rozpraszanie na skrzyżowanych wiązках	738
6.2. Model prążkowy	739
7. Laserowa separacja izotopów	742
8. Literatura	745
XIV. BEZPIECZEŃSTWO PRACY Z LASERAMI	747
1. Wstęp	747
2. Podział na klasy	748
3. Normy bezpieczeństwa	750
4. Literatura	755
INDEKS	757