

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 wzmocnianego /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 trójkwadrantowy /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. Przeciąganie 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 harmonicznych /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. Wyładowanie w gazach /370
2.2. Mechanizmy pompowania laserów gazowych /371
3. Laser He-Ne /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 CO ₂ /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
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 PÓŁPRZEWODNIKOWE /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 (homozł, czowe) /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 wiązkach /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