

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	1
SPIS NAJWAŻNIEJSZYCH SYMBOLI	7
I. WSTĘP	11
II. ŚWIATŁO LASEROWE	20
1. Wstęp	20
2. Rozbieżność wiązki	21
3. Monochromatyczność	23
4. Moc, gęstość mocy i luminancja	23
5. Spójność	24
6. Właściwości statystyczne	33
7. Literatura	37
III. ABSORPCJA I EMISJA ŚWIATŁA	39
1. Wstęp	39
2. Równania kinetyczne	41
3. Szerokość linii spektralnej	44
3.1. Poszerzenie jednorodne	46
3.2. Poszerzenie niejednorodne	48
3.3. Profil Voigta	50
3.4. Inne przyczyny poszerzenia linii widmowych	51
4. Schemat dwupoziomowy	52
5. Schemat trójpoziomowy	53
6. Schemat czteropoziomowy	55
7. Uzupełnienia	57
7.1. Energia atomów wieloelektronowych	57
7.2. Energia cząsteczek	60
7.3. Współczynniki Einsteina	61

7.4. Rozkład Plancka	67
7.5. Poszerzenie naturalne linii emisji (jednorodne)	73
7.6. Poszerzenie dopplerowskie linii emisji (niejednorodne)	74
7.7. Ewolucja w czasie obsadzeń stanów laserowych	74
8. Literatura	75
IV. WZMOCNIENIE I WZMACNIACZE ŚWIATŁA	77
1. Wstęp	77
2. Współczynnik wzmocnienia	79
3. Linie jednorodnie poszerzone	84
3.1. Nasycenie wzmocnienia	84
3.2. Pasma wzmocnienia	86
3.3. Przesunięcie fazy	88
3.4. Wzmocnienie a natężenie sygnału wzmacnianego	89
3.5. Stabilizacja natężenia	91
4. Linie niejednorodnie poszerzone	92
4.1. Współczynnik wzmocnienia	92
4.2. Spektralne wypalanie dziur	94
5. Wzmacnianie impulsów	96
6. Szum wzmacniaczy optycznych	102
7. Pomiar współczynnika wzmocnienia	105
8. Literatura	106
V. REZONATORY OPTYCZNE	108
1. Wstęp	108
2. Dobroć rezonatora	109
3. Rezonator Fabry–Perota	111
3.1. Płaski rezonator Fabry–Perota	112
3.2. Rezonator Fabry–Perota ze sferycznymi zwierciadłami	116
3.3. Straty dyfrakcyjne	120
4. Mody rezonatora optycznego	123
4.1. Mody podłużne	124
4.2. Mody poprzeczne	126
5. Wiązki gaussowskie w rezonatorach	128
6. Rezonator trójkwadrantowy	131
7. Rezonatory pierścieniowe	134
8. Rezonatory selektywne	135
8.1. Selekcja modów poprzecznych	135
8.2. Selekcja modów podłużnych	136
9. Rezonatory laserów półprzewodnikowych	145

10. Rezonatory astabilne	149
11. Rezonatory falowodowe	154
12. Rezonatory sferyczne	155
13. Uzupełnienia	158
13.1. Elementy techniki rezonatorów	158
13.1.1. Zwierciadła dielektryczne	158
13.1.2. Zwierciadła przeciwodblaskowe	169
13.1.3. Zwierciadła z zakresu EUV i XUV	174
13.1.4. Kąt Brewstera	176
13.1.5. Kontrola polaryzacji światła	180
13.1.6. Odbiciowe siatki dyfrakcyjne	184
13.1.7. Filtr Lyota	190
13.1.8. Dioda optyczna	193
13.2. Wiązki gaussowskie	196
13.1.1. Przybliżenie wolno zmiennej obwiedni I	196
13.1.2. Wiązka gaussowska	198
13.1.3. Transformacja przez układ optyczny	201
13.1.4. Wiązki wyższych rzędów	205
13.1.5. Wyznaczanie parametrów wiązki gaussowskiej	208
13.3. Rezonatory wielozwierciadłowe	210
14. Literatura	215
VI. AKCJA LASEROWA	217
1. Wstęp	217
2. Próg akcji laserowej	222
3. Gęstość fotonów we wnętrzu	225
4. Równania kinetyczne lasera	228
5. Hydrauliczny model strat i progu	230
6. Rozwiązania stacjonarne	231
7. Szerokość spektralna linii	238
8. Przestrzenne wypalanie dziur	239
9. Przeciąganie modów	242
10. Optymalizacja mocy lasera	244
10.1. Lasery liniowe	245
10.1.1. Małe wzmocnienie	245
10.1.2. Duże wzmocnienie	248
10.2. Lasery pierścieniowe	254
10.2.1. Wnęka o dużej dobroci	256
10.2.2. Duża straty i duże wzmocnienie	257
11. Stabilizacja pracy lasera	258
11.1. Stabilizacja częstotliwości	258
11.2. Stabilizacja natężenia	261

12. Dynamika generacji światła	262
12.1. Oscylacje relaksacyjne	263
12.2. Amplitudowa wewnętrzna modulacja laserów	266
12.3. Impulsy gigantyczne	267
12.3.1. Metody zmian dobroci wnęki	268
12.3.2. Opis generacji gigantycznej	270
12.4. Modulacja wnęki o dużej dobroci	273
12.5. Synchronizacja modów podłużnych	274
12.5.1. Ośrodki niejednorodnie poszerzone	274
12.5.2. Ośrodki jednorodnie poszerzone	278
12.5.3. Metody realizacji synchronizacji modów	286
12.6. Synchronizacja modów poprzecznych	289
13. Impulsy femtosekundowe	292
13.1. Generacja impulsów femtosekundowych	293
13.1.1. Dyspersja i jej kompensacja	293
13.1.2. Kompresja impulsów	305
13.1.3. Selekcja pojedynczego impulsu	314
13.2. Diagnostyka impulsów femtosekundowych	315
13.2.1. Pomiar czasu trwania impulsu	317
13.2.2. Pełna diagnostyka impulsów femtosekundowych	325
14. Wzmacniacze laserowe	338
15. Uzupełnienia	344
15.1. Generacja impulsów attosekundowych	344
15.1.1. Generacja wyższych harmoniczných	345
15.1.2. Diagnostyka impulsów attosekundowych	351
16. Literatura	356
VII. LASERY GAZOWE	358
1. Wstęp	358
2. Pompowanie laserów gazowych	359
2.1. Wyładowanie w gazach	360
2.2. Mechanizmy pompowania laserów gazowych	361
3. Laser <i>He-Ne</i>	365
4. Lasery jonowe	373
4.1. Laser argonowy	374
4.2. Lasery rentgenowskie	378
5. Lasery plazmowe	384
6. Lasery cząsteczkowe	386
6.1. Laser <i>CO₂</i>	386
6.2. Lasery ekscymerowe	389
6.3. Lasery gazodynamiczne	394
6.4. Lasery chemiczne	395

7. Uzupełnienia	396
7.1. Widma cząsteczek	396
7.2. Lasery na gazach szlachetnych	404
7.3. Lasery na jonach metali	404
7.4. Lasery na zdysocjowanych cząsteczkach	407
7.5. Laser azotowy i wodorowy	408
8. Literatura	414
VIII. LASERY BARWNIKOWE	416
1. Wstęp	416
2. Pompowanie laserów cieczowych	423
3. Równania kinetyczne	425
4. Próg ciągłej pracy lasera barwnikowego	430
5. Lasery z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym	435
6. Uzupełnienia	436
6.1. Wpływ otoczenia na luminescencję roztworów	436
7. Literatura	440
IX. LASERY NA CIELE STAŁYM	442
1. Wstęp	442
2. Pompowanie laserów na ciele stałym	446
2.1. Pompowanie lampami błyskowymi	446
2.2. Pompowanie diodami laserowymi	449
2.2.1. Pomowanie lampami a diodami laserowymi	449
2.2.2. Metody pompowania	452
3. Lasery na metalach przejściowych	455
3.1. Laser rubinowy	455
3.2. Laser aleksandrytowy	459
3.3. Laser tytanowo-szafirowy	460
4. Lasery na trójwartościowych ziemiach rzadkich	465
4.1. Laser neodymowy	466
4.2. Lasery światłowodowe	468
4.2.1. Wstęp	468
4.2.2. Laser Nd^{3+}	475
4.2.3. Laser Er^{3+}	476
4.2.4. Laser Pr^{3+}	478
4.2.5. Synchronizacja modów	479
5. Mikrolasery	482
5.1. Lasery z mikrownękami	483
5.2. Lasery sferyczne	485
6. Lasery na ośrodkach nieuporządkowanych	486
6.1. Cechy laserów NON	488
6.2. Zastosowania laserów NON	490

7. Lasery na centrach barwnych	492
8. Uzupełnienia	494
8.1. Elementy teorii światłowodów	494
8.1.1. Wstęp	494
8.1.2. Model zygzakowy	496
8.1.3. Teoria falowa światłowodów cylindrycznych	506
8.1.4. Właściwości transmisyjne	515
8.2. Zwierciadła i przełączniki pętlowe	524
8.3. Wzmacniacze światłowodowe	526
9.3.1. Wzmacniacze erbowe	526
9.3.2. Światłowodowe wzmacniacze Ramana	538
9. Literatura	541
X. LASERY PÓŁPRZEWODNIKOWE	544
1. Wstęp	544
2. Podstawowe właściwości półprzewodników	544
2.1. Elektrony i dziury. Masa efektywna	547
2.2.. Złącze p-n	552
3. Rekombinacja dziura–elektron	559
4. Emisja spontaniczna (rekombinacyjna)	565
5. Wzmocnienie w półprzewodnikach	566
6. Prąd progowy lasera półprzewodnikowego	570
7. Równania kinetyczne	571
8. Dynamika laserów półprzewodnikowych	575
9. Właściwości promieniowania lasera	
półprzewodnikowego	580
9.1. Widmo emisji	580
9.2. Rozkład przestrzenny promieniowania	583
10. Lasery diodowe (homozłączowe)	585
11. Lasery heterozłączowe	587
12. Lasery niebieskie i UV	589
13. Lasery niskowymiarowe	590
14. Lasery typu VCSEL	595
15. Lasery z rozłożonym sprzężeniem	
zwrotnym	596
16. Uzupełnienia	599
16.1. Gęstość stanów elektronów i dziur	599
16.1.1. Gęstość stanów w półprzewodnikach	
objętościowych	599
16.1.2. Gęstość stanów w dwuwymiarowych	
strukturach półprzewodnikowych	600
16.2. Wpływ temperatury na prąd progowy	602
16.3. Teoria fal sprzężonych	604

17. Literatura	609
XI. LASERY NA SWOBODNYCH ELEKTRONACH	612
1. Wstęp	612
2. Promieniowanie swobodnego elektronu	615
3. Zasada działania FEL	617
4. Laser helikalny	624
4.1. Ruch elektronu w wigglerze	624
4.2. Wzmocnienie	631
5. Stan obecny	634
7. Literatura	637
XII. ELEMENTY OPTYKI NIELINIOWEJ	639
1. Wstęp	639
2. Nieliniowość drugiego rzędu	645
2.1. Generacja drugiej harmonicznej	645
2.2. Mieszanie trzech fal	650
2.3. Dopasowanie fazowe	653
3. Nieliniowość trzeciego rzędu	658
3.1. Wymuszony efekt Ramana	658
3.2. Wymuszone rozpraszanie Brillouina	662
3.3. Optyczny efekt Kerra	664
3.4. Samogniskowanie	666
3.5. Samomodulacja fazowa	671
3.6. Skrośna modulacja fazy	673
3.7. Solitony przestrzenne	673
3.8. Solitony optyczne	675
3.8.1. Nieliniowe równanie Schrödingera	676
3.8.2. Solitony wyższych rzędów	683
3.8.3. Solitony ciemne	684
3.9. Procesy parametryczne	685
3.9.1. Mieszanie czterech fal	685
3.9.2. Wzmocnienie parametryczne	686
4. Uzupełnienia	687
4.1. Przybliżenie wolnozmiennnej obwiedni	687
5. Literatura	691
XIII. WYBRANE ZASTOSOWANIA	693
1. Grzebień optyczny	693
2. Chłodzenie laserowe	697
3. Szczypce i klucze laserowe	701
3.1. Szczypczyki laserowe	701
3.2. Klucze laserowe	704
4. Elementy transmisji światłowodowej	707
4.1. Wstęp	707

4.2. Systemy kodowania	711
4.3. Szybkość transmisji	713
5. Plamkowanie	717
5.1. Typy plamek	717
5.2. Rozkład plamek	720
5.3. Fotografia plamkowa	721
5.4. Interferometria plamkowa	723
6. Anemometria laserowa	723
6.1. Model dopplerowski	724
6.1.1. Efekt Dopplera	724
6.1.2. Rozpraszanie na skrzyżowanych wiązках	726
6.2. Model prążkowy	727
7. Literatura	730
XIV. BEZPIECZEŃSTWO PRACY Z LASERAMI	732
1. Wstęp	732
2. Podział na klasy	733
3. Normy bezpieczeństwa	735
4. Literatura	739
INDEKS	741