

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	13
PRZEDMOWA DO WYDANIA POLSKIEGO	17
1. STANY ENERGETYCZNE W PÓŁPRZEWODNIKACH	19
1-A. Struktura pasmowa	19
1-A-1. Powstawanie pasm	19
1-A-2. Rozkład stanów w przestrzeni wektora falowego	21
1-A-3. Rozkład gęstości stanów	23
1-A-4. Koncentracja nośników	24
1-B. Stany domieszkowe	25
1-C. Rozszerzanie się pasm w głąb przerwy energetycznej	27
1-D. Ekscytony	29
1-D-1. Ekscytony swobodne	29
1-D-2. Kompleksy ekscytonowe	31
1-D-3. Polaritony	33
1-E. Pary donor-akceptor	34
1-F. Stany energetyczne w mieszanych kryształach półprzewodnikowych	35
Zadania	37
Literatura	37
2. WŁASNOŚCI PÓŁPRZEWODNIKÓW PODDANYCH DZIAŁANIU PÓŁ ZEWNĘTRZNYCH	39
2-A. Efekty ciśnieniowe	39
2-A-1. Ciśnienie hydrostatyczne	39
2-A-2. Ciśnienie jednoosiowe	42
2-B. Efekty temperaturowe	43
2-C. Efekty spowodowane przez pole elektryczne	44
2-C-1. Efekt Starka	44
2-C-2. Efekt Franza-Keldysza	45
2-C-3. Efekty jonizacyjne	45
2-D. Efekty spowodowane przez pole magnetyczne	46
2-D-1. Rozszczepienia Landan'a	46
2-D-2. Efekt Zeemana	47
Zadania	48
Literatura	48

6-D-1-c. Ekscytyony związane	126
6-D-1-d. Molekuła ekscytonowa	129
6-D-1-e. Ekscytyony związane z pułapkami izoelektronowymi	130
6-D-2. Przejścia pasmo walencyjne-pasmo przewodnictwa	131
6-D-2-a. Przejścia proste	132
6-D-2-b. Przejścia skośne	133
6-D-2-c. Reabsorpcja	134
6-D-2-d. Przypadek półprzewodnika silnie domieszkowanego	135
6-D-2-e. Emisja z oddziaływaniem nośników	137
6-D-2-f. Przejścia pomiędzy ogonami stanów	138
6-E. Przejścia pomiędzy pasmem a poziomem domieszkowym	139
6-E-1. Przejścia „płytkie”	139
6-E-2. Przejścia „głębokie”	140
6-E-3. Przejścia na poziomy głębokie	145
6-F. Przejścia donor-akceptor	148
6-F-1. Struktura widmowa	148
6-F-2. Prawdopodobieństwo przejścia	152
6-F-3. Zależność czasowa przejść donor-akceptor	156
6-G. Przejścia wewnątrzpałmowe	157
Zadania	159
Literatura	161

7. REKOMBINACJA NIEPROMIENISTA 164

7-A. Efekt Augera	165
7-B. Rekombinacja powierzchniowa	168
7-C. Rekombinacja przez defekty lub wtrącenia	168
7-D. Diagram konfiguracyjny	170
7-E. Emisja wielofononowa	170
Zadania	171
Literatura	172

8. ZJAWISKA W ZŁĄCZACH $p-n$ 173

8-A. Charakter złącza $p-n$	173
8-A-1. Warstwa ładunku przestrzennego	174
8-A-2. Pojemność złącza	176
8-A-3. Pole elektryczne w złączu $p-n$	177
8-B. Zjawiska przy polaryzacji w kierunku przewodzenia	177
8-B-1. Międzypasmowe przejście tunelowe	178
8-B-2. Przejścia tunelowe z emisją fotonu	180
8-B-3. Wstrzykiwanie nośników	183
8-B-4. Przejścia tunelowe do głębokich poziomów domieszkowych	184
8-B-5. Przejścia tunelowe donor-akceptor z emisją fotonu	185
8-B-6. Zapelnianie pasma	190
8-B-7. Elektroluminescencja w słabo domieszkowanych złączach	193
8-B-8. Oziębianie optyczne	194
8-C. Heterozłącza	197
8-D. Zjawiska przy polaryzacji w kierunku zaporowym	200
8-D-1. Prąd nasycenia i przewodnictwo fotoelektryczne	200
8-D-2. Przebieg Zenera	202
8-D-3. Przebieg lawinowy	203
8-D-3-a. Mechanizm przebiegu lawinowego	203

8-D-3-b. Powielacz fotoelektryczny półprzewodnikowy	205
8-D-3-c. Luminescencja przy przebiegu lawinowym	206
Zadania	210
Literatura	211
9. EMISJA WYMUSZONA	213
9-A. Związek między emisją spontaniczną a emisją wymuszoną	213
9-B. Warunki wystąpienia akcji laserowej w półprzewodnikach	215
Zadania	220
Literatura	220
10. LASERY PÓŁPRZEWODNIKOWE	221
10-A. Wnęka rezonansowa. Mody	221
10-B. Właściwości falowodowe obszaru czynnego	223
10-C. Pole promieniowania w strefie dalekiej	225
10-D. Zależność temperaturowa	226
10-D-1. Efekty wnękowe	226
10-D-2. Zależność temperaturowa strat, wydajności oraz gęstości prądu progowego	227
10-D-3. Rozpraszanie mocy	230
10-E. Warunki optymalne dla lasera złączeniowego	231
10-F. Wpływ pola magnetycznego	234
10-G. Efekty ciśnieniowe	235
Zadania	236
Literatura	237
11. POBUDZANIE LUMINESCENCJI I LASEROWANIE W PÓŁPRZEWODNIKACH	238
11-A. Elektroluminescencja	238
11-A-1. Złącze $p-n$ spolaryzowane w kierunku przewodzenia	238
11-A-2. Bariera powierzchniowa spolaryzowana w kierunku przewodzenia	241
11-A-3. Tunelowanie poprzez warstwę izolującą	242
11-A-4. Pobudzenie objętościowe jonizacją zderzeniową	242
11-B. Pobudzenie optyczne	244
11-C. Pobudzenie strumieniem elektronów	247
Zadania	250
Literatura	251
12. ZJAWISKA TOWARZYSZĄCE PROMIENIOWANIU SPÓJNEMU	252
12-A. Oddziaływania foton-foton w półprzewodnikach	252
12-A-1. Wygaszanie lasera innym laserem	253
12-A-2. Wzmacnianie	255
12-A-3. Generacja częstotliwości harmonicznych	258
12-A-4. Absorpcja dwufotonowa	260
12-A-5. Mieszanie częstotliwości	262
12-B. Oddziaływanie foton-fonon w półprzewodnikach	263
12-B-1. Rozpraszanie Ramana	265
12-B-2. Rozpraszanie Brillouina	267
12-C. Właściwości optyczne domen akustoelektrycznych	269
12-C-1. Efekt akustoelektryczny	269

12-C-2. Transmisja światła przez domenę akustoelektryczną	272
12-C-3. Emisja światła przez domenę akustoelektryczną	273
12-C-4. Badania domen akustoelektrycznych przy użyciu rozpraszania Brillouina	275
Literatura	276
13. EMISJA FOTOELEKTRONOWA	279
13-A. Próg emisji	279
13-B. Wydajność emisji fotoelektronowej	281
13-C. Wpływ stanów powierzchniowych	286
13-D. Rozkład energii emitowanych elektronów	289
Zadania	292
Literatura	292
14. ZJAWISKA FOTOWOLTAICZNE	294
14-A. Zjawisko fotowoltaiczne w złączach $p-n$	294
14-A-1. Charakterystyki elektryczne	294
14-A-2. Charakterystyki widmowe	297
14-A-3. Bateria słoneczna	298
14-B. Zjawiska fotowoltaiczne na barierach Schottky'ego	302
14-B-2. Fotoefekty	303
14-B-2-a. Emisja fotoelektryczna wewnętrzna	303
14-B-2-b. Zjawisko fotowoltaiczne na barierze Schottky'ego	304
14-B-2-c. Informacje uzyskiwane na podstawie badań emisji fotoelektrycznej wewnętrznej	304
14-B-3. Detektory cząstek	307
14-C. Zjawiska fotowoltaiczne objętościowe	308
14-C-1. Zjawisko Dembera	308
14-C-2. Zjawisko fotomagnetoelektryczne	309
14-D. Zjawisko fotowoltaiczne anomalne	311
14-D-1. Charakterystyki baterii fotowoltaicznych anomalnych	311
14-D-2. Warunki niezbędne dla wystąpienia zjawiska fotowoltaicznego anomalnego	313
14-D-3. Modele zjawiska fotowoltaicznego anomalnego	314
14-D-3-a. Model błędów upakowania	314
14-D-3-b. Model oparty na złączach $p-n$	315
14-D-3-c. Model oparty na zjawisku Dembera	316
14-D-4. Zależność kątowa zjawisk fotowoltaicznych	316
14-D-4-a. Zjawisko fotowoltaiczne anomalne	316
14-D-4-b. Fotoefekt „kątowy”	317
14-E. Inne zjawiska fotowoltaiczne	318
14-E-1. Fotoefekt poprzeczny	318
14-E-2. Bariery indukowane optycznie	319
14-E-3. Zjawisko fotowoltaiczne w półprzewodnikach o zmiennej szerokości przerwy energetycznej	320
Zadania	321
Literatura	322
15. EFEKTY POLARYZACYJNE	324
15-A. Dwójłomność	324
15-A-1. Dwójłomność w kryształach jednoosiowych	325
15-A-2. Polaryzacja eliptyczna	326
15-A-3. Dwójłomność w kryształach dwuosiowych	327

15-B. Anizotropia optyczna wymuszona	330
15-B-1. Efekt Kerra elektrooptyczny	331
15-B-2. Efekt Pockelsa (efekt elektrooptyczny liniowy)	331
15-B-3. Efekt Faradaya	333
15-B-4. Efekt Voigta	333
15-B-5. Dwójłomność wymuszona naprężeniem	334
15-B-6. Odchylanie oraz modulacja strumienia światła	334
Zadania	336
Literatura	337

16. EFEKTY FOTOCHEMICZNE 338

16-A. Fotochemia procesów w atmosferze gazowej	338
16-A-1. Stany powierzchniowe	339
16-A-2. Adsorpcja i desorpcja	340
16-A-3. Fotokataliza	343
16-A-4. Analiza spektroskopowa substancji adsorbowa- nych	344
16-A-5. Wzrost epitaksjalny	345
16-B. Fotochemia procesów w otoczeniu ciekłym	346
16-B-1. Trawienie chemiczne	346
16-B-2. Trawienie elektrolityczne	347
16-B-3. Galwanizacja, pokrywanie elektrochemiczne	348
16-C. Reakcje fotochemiczne wewnątrz kryształu	349
16-C-1. Odpuszczanie wymuszone przez fotoproceny	349
16-C-2. Fotochromizm	350
Zadania	352
Literatura	352

17. WPLYW PUŁAPEK NA LUMINESCENCJĘ 354

17-A. Narastanie i zanik luminescencji	354
17-B. Termoluminescencja	355
17-C. Luminescencja wymuszana przez podczerwień	359
17-D. Wygaszanie luminescencji	360
17-E. Efekty pułapkowe w laserach	361
17-E-1. Opóźnienie czasowe w laserach	361
17-E-2. Czas pułapkowania	362
17-E-3. Pułapki jako nasycające się absorbery	363
17-E-4. Zależność temperaturowa pułapkowania w lase- rach złączowych z GaAs	366
17-E-5. Model z podwójnym akceptorem	367
17-E-6. Wewnętrzna zmiana dobroci Q	368
17-F. Tryboluminescencja	369
17-F-1. Luminescencja wzbudzona przez naprężenie	369
17-F-2. Luminescencja wymuszona przez naprężenie	370
17-F-3. Luminescencja występująca przy pękaniu	371
Literatura	372

18. MODULACJA ODBICIOWA 373

18-A. Wpływ struktury pasmowej na odbicie	374
18-B. Techniki modulacji odbiciowej	378
18-B-1. Elektroodbicie	378
18-B-2. Modulacja optyczno-odbiciowa	380
18-B-3. Modulacja katodoodbiciowa	381
18-B-4. Modulacja piezoodbiciowa	381

18-B-5. Modulacja termoodbiciowa	382
18-B-6. Modulacja długości fali	382
18-C. Przegląd niektórych wyników doświadczalnych	383
Literatura	387
 DODATEK	 389
I. Wykaz ważniejszych oznaczeń	390
II. Właściwości półprzewodników	392
III. Nomogram zależności temperaturowej poziomu Fermiego w zdegenerowanym pasmie parabolicznym	394
IV. Stałe fizyczne	396
 SKOROWIDZ	 397