

Spis treści

Przedmowa do wydania polskiego	XI
Przedmowa	XIII
1. Wytwarzanie i klasyfikacja nanostruktur <i>Rik M. Brydson, Chris Hammond</i>	1
1.1. Wprowadzenie i klasyfikacja	1
1.1.1. Czym jest nanotechnologia?	1
1.1.2. Klasyfikacja nanostruktur	1
1.1.3. Architektura w skali nanometrycznej	5
1.2. Właściwości elektronowe atomów i ciał stałych	5
1.2.1. Izolowany atom	5
1.2.2. Wiązania chemiczne	8
1.2.3. Ciało stałe jako molekula	10
1.2.4. Model swobodnego elektronu oraz pasma energetyczne	11
1.2.5. Kryształy	13
1.2.6. Periodyczność kryształów	14
1.2.7. Przewodnictwo elektryczne	16
1.3. Właściwości układów o wielkościach nanometrycznych	19
1.3.1. Zmiany w energii całkowitej układu	19
1.3.2. Zmiany strukturalne	20
1.3.3. Właściwości struktur w skali nanometrycznej	24
1.4. Metody wytwarzania	30
1.4.1. Procesy <i>top-down</i>	31
1.4.2. Procesy <i>bottom-up</i>	37
1.4.3. Metody kontrolowanego wzrostu nanostruktur	49
1.4.4. Uporządkowanie nanoukładów	52
1.5. Zagadnienia bezpieczeństwa wytwarzania i składowania	55
Bibliografia	56
2. Charakteryzowanie nanostruktur <i>Rik M. Brydson, Chris Hammond</i>	57
2.1. Ogólna klasyfikacja metod charakteryzowania	57
2.1.1. Obrazowanie i techniki analityczne	58
2.1.2. Podstawy fizyki rozpraszania	59
2.2. Techniki mikroskopowe	65
2.2.1. Ogólne rozważania o obrazowaniu	65
2.2.2. Powiększenie obrazu i rozdzielczość	67
2.2.3. Inne rozważania o obrazowaniu	68
2.2.4. Mikroskopia świetlna	69

2.3.	Mikroskopia elektronowa	71
2.3.1.	Ogólne aspekty optyki elektronowej	71
2.3.2.	Generowanie wiązki elektronów	72
2.3.3.	Oddziaływania elektron-próbka	72
2.3.4.	Skaningowa mikroskopia elektronowa	74
2.3.5.	Transmisyjna mikroskopia elektronowa	78
2.3.6.	Skaningowa transmisyjna mikroskopia elektronowa	85
2.4.	Mikroskopia jonowa	87
2.5.	Techniki wykorzystujące sondę skanującą	88
2.5.1.	Skaningowa mikroskopia tunelowa	88
2.5.2.	Mikroskopia sił atomowych	91
2.5.3.	Inne techniki z użyciem sondy skanującej	94
2.6.	Techniki dyfrakcyjne	96
2.6.1.	Techniki dyfrakcyjne objętościowe	96
2.6.2.	Techniki dyfrakcyjne powierzchniowe	99
2.7.	Techniki spektroskopowe	101
2.7.1.	Spektroskopia fotonowa	103
2.7.2.	Spektroskopia zakresu fal radiowych	110
2.7.3.	Spektroskopia elektronowa	113
2.8.	Analiza powierzchni i profilowanie głębokościowe	119
2.8.1.	Spektroskopia elektronowa powierzchni	121
2.8.2.	Spektroskopia masowa	123
2.8.3.	Rozpylanie jonowe	126
2.8.4.	Refleksymetria	127
2.9.	Wybrane techniki badania właściwości	129
2.9.1.	Właściwości mechaniczne	129
2.9.2.	Właściwości elektryczne	132
2.9.3.	Właściwości magnetyczne	133
2.9.4.	Właściwości termiczne	134
	Bibliografia	136
3.	Nanostruktury z półprzewodników nieorganicznych <i>David Mowbray</i>	137
3.1.	Wstęp	137
3.2.	Przegląd podstawowych zagadnień fizyki półprzewodników	138
3.2.1.	Co to jest półprzewodnik?	138
3.2.2.	Domieszkowanie	138
3.2.3.	Masa efektywna	139
3.2.4.	Transport nośników, ruchliwość i przewodnictwo elektryczne	140
3.2.5.	Właściwości optyczne półprzewodników	141
3.2.6.	Ekscytyny	141
3.2.7.	Złącze <i>p-n</i>	142
3.2.8.	Fonony	143
3.2.9.	Rodzaje półprzewodników	144
3.3.	Ograniczenie wymiarowości w nanostrukturach półprzewodnikowych	145
3.3.1.	Ograniczenie przestrzenne w jednym wymiarze – studnia kwantowa	145
3.3.2.	Ograniczenie przestrzenne w dwóch wymiarach – drut kwantowy	148
3.3.3.	Ograniczenie przestrzenne w trzech wymiarach – kropki kwantowe	149
3.3.4.	Supersieci	149
3.3.5.	Względne przesunięcia pasm	150
3.4.	Gęstość stanów elektronowych	151
3.5.	Techniki wytwarzania nanostruktur	152

3.5.1.	Wymagania dla idealnej nanostruktury półprzewodnikowej	152
3.5.2.	Wzrost epitaksjalny studni kwantowych	153
3.5.3.	Trawienie i litografia	153
3.5.4.	Wzrost na przełomie	154
3.5.5.	Wzrost na podłożach schodkowych	154
3.5.6.	Kropki i druty wytworzone przez naprężenia	155
3.5.7.	Kropki i druty wytworzone elektrostatycznie	156
3.5.8.	Fluktuacje szerokości studni kwantowej	157
3.5.9.	Wyrzutowanie studni kwantowej	157
3.5.10.	Nanokryształy półprzewodnikowe	158
3.5.11.	Koloidalne kropki kwantowe	158
3.5.12.	Techniki samoorganizacji	158
3.5.13.	Podsumowanie technik otrzymywania nanostruktur	164
3.6.	Zjawiska fizyczne w nanostrukturach półprzewodnikowych	165
3.6.1.	Domieszkowanie modulacyjne	165
3.6.2.	Kwantowe zjawisko Halla	167
3.6.3.	Tunelowanie rezonansowe	168
3.6.4.	Zjawiska ładowania	170
3.6.5.	Transport nośników balistycznych	172
3.6.6.	Absorpcja międzypasmowa w nanostrukturach półprzewodnikowych	174
3.6.7.	Absorpcja wewnątrzpasmowa w nanostrukturach półprzewodnikowych	176
3.6.8.	Zjawiska emisji światła w nanostrukturach	177
3.6.9.	Fononowe „wąskie gardło” w kropkach kwantowych	179
3.6.10.	Kwantowe zjawisko Starka	180
3.6.11.	Efekty nieliniowe	181
3.6.12.	Spójność i procesy defazowania	182
3.7.	Charakteryzowanie nanostruktur półprzewodnikowych	182
3.7.1.	Badanie optyczne i elektryczne	182
3.7.2.	Charakteryzowanie struktury	187
3.8.	Zastosowania nanostruktur półprzewodnikowych	189
3.8.1.	Lasery iniekcyjne	189
3.8.2.	Lasery kaskadowe	193
3.8.3.	Źródła pojedynczych fotonów	194
3.8.4.	Znakowanie biologiczne	195
3.8.5.	Pamięci optyczne	196
3.8.6.	Wpływ nanotechnologii na konwencjonalną elektronikę	197
3.8.7.	Urządzenia oparte na zjawisku blokady kulombowskiej	202
3.8.8.	Struktury fotoniczne	203
3.9.	Podsumowanie	205
	Bibliografia	206
4.	Nanomateriały i urządzenia magnetyczne <i>Mike R. J. Gibbs</i>	208
4.1.	Magnetyzm	208
4.1.1.	Magnetostatyka	208
4.1.2.	Diamagnetyzm, paramagnetyzm i ferromagnetyzm	209
4.1.3.	Anizotropia magnetyczna	211
4.1.4.	Domeny i ściany domenowe	214
4.1.5.	Proces magnesowania	217
4.2.	Nanomateriały magnetyczne	217
4.2.1.	Nanomagnetyki ziarniste	218
4.2.2.	Nanomagnetyki geometryczne	223

4.3.	Magnetoopór	226
4.3.1.	Składowe oporności w metalach	226
4.3.2.	Gigantyczny magnetoopór	227
4.3.3.	Zawory spinowe	232
4.3.4.	Magnetoopór tunelowy	234
4.4.	Badanie nanomaterialów magnetycznych	236
4.5.	Nanomagnetyzm w technice	238
4.6.	Wyzwania wobec nanomagnetyzmu	240
	Bibliografia	241
5.	Metody wytwarzania i właściwości nanomaterialów nieorganicznych <i>Iain Todd</i>	243
5.1.	Wprowadzenie	243
5.1.1.	Klasyfikacja	244
5.2.	Termodynamika i kinetyka przemian fazowych	244
5.2.1.	Termodynamika	244
5.2.2.	Zarodkowanie homogeniczne	247
5.2.3.	Zarodkowanie heterogeniczne	249
5.2.4.	Wzrost	250
5.2.5.	Całkowita szybkość przemiany	251
5.3.	Metody wytwarzania	251
5.3.1.	Szybkie chłodzenie z fazy ciekłej	252
5.3.2.	Dewitryfikacja	253
5.3.3.	Kondensacja z fazy gazowej	254
5.3.4.	Osadzanie elektrolityczne	257
5.3.5.	Metody mechaniczne	259
5.4.	Struktura	263
5.4.1.	Mikrostruktura	264
5.4.2.	Struktura granic ziaren	265
5.4.3.	Metastabilność strukturalna	266
5.5.	Stabilność mikrostruktury	266
5.5.1.	Dyfuzja	266
5.5.2.	Rozrost ziarna	268
5.5.3.	Hamowanie rozrostu ziaren przez cząstki	269
5.5.4.	Hamowanie rozrostu przez atomy obce w roztworze	270
5.6.	Konsolidacja proszku	271
5.6.1.	Prasowanie nanoproszków	271
5.6.2.	Spiekanie nanoproszków	272
5.6.3.	Rola domieszek	274
5.6.4.	Porowatość	275
5.6.5.	Niekonwencjonalne metody spiekania	275
5.7.	Właściwości mechaniczne	277
5.7.1.	Twardość i wytrzymałość	278
5.7.2.	Ciągliwość i odporność na pękanie	279
5.7.3.	Pękanie i nadplastyczność	280
5.8.	Właściwości ferromagnetyczne	281
5.8.1.	Podstawowe właściwości magnetyczne	282
5.8.2.	Nanokompozyty magnetycznie miękkie	282
5.8.3.	Materiały magnetycznie twarde	283
5.9.	Właściwości katalityczne	284
5.10.	Obecne i potencjalne zastosowania nanomaterialów	284
5.10.1.	Pochłaniacze promieni ultrafioletowych	284

5.10.2.	Zastosowania magnetyczne	285
5.10.3.	Powłoki	285
	Bibliografia	286
6.	Elektroniczne i optoelektroniczne materiały i urządzenia molekularne <i>Martin Grell</i>	288
6.1.	Pojęcia i materiały	288
6.1.1.	Ciało stałe – kryształy i szkła	288
6.1.2.	Chemia węgla	289
6.1.3.	Przykłady półprzewodników organicznych	292
6.1.4.	Wzbudzenia w półprzewodnikach organicznych	293
6.1.5.	Wstrzykiwanie i transport nośnika ładunku	300
6.1.6.	Polimery a małe cząsteczki	305
6.1.7.	Organiczne metale ?	308
6.2.	Zastosowania i urządzenia	310
6.2.1.	Metale syntetyczne	310
6.2.2.	Organiczne tranzystory polowe	313
6.2.3.	Organiczne urządzenia emitujące światło	320
6.2.4.	Organiczne urządzenia fotowoltaiczne	329
6.3.	Nanorurki węglowe	333
6.3.1.	Struktura	333
6.3.2.	Synteza	335
6.3.3.	Właściwości elektroniczne	336
6.3.4.	Właściwości oscylacyjne	339
6.3.5.	Właściwości mechaniczne	340
6.3.6.	Zastosowania	341
	Dodatek: lista półprzewodników organicznych	344
	Bibliografia	352
7.	Samooorganizujące się nanostrukturalne materiały molekularne oraz urządzenia	
	<i>Ian W. Hamley</i>	353
7.1.	Wstęp	353
7.2.	Elementy konstrukcyjne	354
7.2.1.	Materiały syntetyczne	354
7.2.2.	Materiały biologiczne	355
7.3.	Zasady samooorganizacji	358
7.3.1.	Oddziaływania niekowalencyjne	359
7.3.2.	Upakowanie międzycząsteczkowe	361
7.3.3.	Biologiczna samooorganizacja	364
7.3.4.	Nanosilniki	367
7.4.	Wytwarzanie i układanie nanocząstek metodami samooorganizacji	368
7.4.1.	Otrzymywanie nanocząstek metodą polimeryzacji micelarnej i pęcherzykowatej	368
7.4.2.	Funkcjonalizowane nanocząstki	368
7.4.3.	Nanocząstkowe kryształy koloidalne	369
7.4.4.	Samooorganizujące się nanocząsteczki nieorganiczne	372
7.4.5.	Ciekokrystaliczne nanokrople	375
7.4.6.	Bionanocząsteczki	375
7.4.7.	Nanoobiekty	377
7.5.	Nanostruktury tworzone z użyciem szablonu	378
7.5.1.	Krzemionka mezoporowata	378
7.5.2.	Biomineralizacja	378
7.5.3.	Odwzorowanie nanostruktur przez samooorganizację kopolimeru blokowego	380

7.6. Mezofazy ciekłych kryształów	380
7.6.1. Micele i pęcherzyki	380
7.6.2. Faza lamelarna	381
7.6.3. Struktury kopolimeru trójblokowego ABC	383
7.6.4. Smektyczne i nematyczne ciekłe kryształy	385
7.6.5. Dyskotyczne ciekłe kryształy	386
7.7. Podsumowanie i widoki na przyszłość	386
Bibliografia	387
8. Makrocząsteczki na granicy faz i uporządkowane warstwy organiczne	
<i>Mark Geoghegan, Richard A. L. Jones</i>	389
8.1. Makrocząsteczki na granicy faz	389
8.2. Podstawy wiedzy o granicy faz	391
8.2.1. Energia powierzchniowa i energia międzyfazowa	391
8.3. Analiza mokrych powierzchni międzyfazowych	393
8.4. Modyfikacja granicy faz	394
8.4.1. Adsorpcja i środki powierzchniowo czynne	394
8.4.2. Adsorpcja polimeru	395
8.4.3. Chemia reakcji szczipiania	396
8.4.4. Właściwości fizyczne szczipionych warstw polimeru	399
8.4.5. Nanostrukturalne powłoki organiczne wykonane metodą miękkiej litografii i innymi technikami	402
8.5. Wytwarzanie cienkich warstw organicznych	404
8.5.1. Wytwarzanie warstw polimerów i koloidów metodą <i>spin coating</i>	404
8.5.2. Wytwarzanie wielowarstw organicznych	406
8.6. Wpływ powierzchni na podział faz	410
8.6.1. Mieszaniny polimerów	410
8.6.2. Kopolimery blokowe	412
8.7. Wytwarzanie powierzchniowych, nanostrukturalnych wzorów metodą samoorganizacji	416
8.7.1. Wytwarzanie wzorów na podłożach heterogenicznych	417
8.7.2. Powierzchnie odwzorowujące topografię	420
8.7.3. Wytwarzanie wzorów za pomocą cienkich warstw zmniejszających zwilżalność	422
8.8. Praktyczne urządzenia o wymiarach nanometrycznych wykorzystujące makrocząsteczki na granicy faz	424
8.8.1. Elektronika molekularna i makromolekularna	424
8.8.2. Nanourządzenia kontrolujące przepływy	426
8.8.3. Filtracja i sortowanie	428
Bibliografia	430
9. Bionanotechnologia <i>Graham J. Leggett, Richard A. L. Jones</i>	432
9.1. Nowe narzędzia do charakteryzowania systemów biologicznych	432
9.1.1. Mikroskopia sond skanujących do obrazowania biomolekularnego	432
9.1.2. Pomiar siły w systemach biologicznych	436
9.1.3. Miniaturyzacja i analiza	442
9.1.4. Organizacja struktur biomolekularnych w nanoskali	445
9.2. Nanotechnologia biomimetyczna	449
9.2.1. DNA jako element konstrukcyjny w nanotechnologii	449
9.2.2. Silniki molekularne	452
9.2.3. Sztuczna fotosynteza	456
9.3. Podsumowanie	459
Bibliografia	460
Skorowidz	461