

Spis treści

Wprowadzenie	13
---------------------------	----

Krzysztof J. Kurzydłowski, Małgorzata Lewandowska

1. Różne sposoby postrzegania nanotechnologii	17
--	----

Witold Łojkowski, Anna Świdorska-Środa, Joanna Sobczyk

1.1. Wprowadzenie	17
1.2. Czym jest nanotechnologia	18
1.3. Jaka jest dzisiejsza nanotechnologia	19
1.4. Nanotechnologia w oczach środowiska akademickiego	21
1.5. Nanotechnologia z punktu widzenia przemysłu	24
1.6. Nanotechnologia w oczach rządów i instytucji finansujących naukę	26
1.7. Nanotechnologia w świecie przepisów, praw i standardów	27
1.8. Nanotechnologia w odbiorze społeczeństwa	28
1.9. Wpływ polityki edukacyjnej na rozwój nanotechnologii	29
1.10. Podsumowanie	30
Literatura	33

2. Technologie otrzymywania nanocząstek	35
--	----

Urszula Narkiewicz

2.1. Metody wytwarzania nanocząstek w fazie ciekłej	38
2.1.1. Strącanie	39
2.1.2. Metoda zol-żel	43
2.1.3. Metody koloidalne	44
2.1.4. Metody solwotermalne	44
2.2. Metody otrzymywania nanocząstek w fazie gazowej	45
2.3. Metody otrzymywania nanocząstek w fazie stałej	47
2.4. Inne metody otrzymywania nanocząstek	48
2.4.1. Metoda samoorganizacji	48
2.4.2. Metoda wyładowania łukowego	48
2.4.3. Rozdrabnianie wybuchowe i elektroeksplozja	49
2.4.4. Techniki mikrofalowe	49
2.4.5. Techniki ultradźwiękowe	50
2.4.6. Metoda próżniowego odparowania przepływającego płynu	50
2.4.7. Metoda elektroosadzania	50

2.4.8.	Powlekanie obrotowe	51
2.4.9.	Strącanie w płynach w stanie nadkrytycznym	51
2.4.10.	Kontrolowana krystalizacja z amorficznych prekursorów	51
2.4.11.	Metody z udziałem mikroorganizmów	52
Literatura		52
3.	Nanomateriały węglowe	55
	<i>Urszula Narkiewicz</i>	
3.1.	Zerowymiarowe nanomateriały węglowe	55
3.2.	Jednowymiarowe nanomateriały węglowe	57
Literatura		60
4.	Nanocząstki tlenków o szerokiej przerwie energetycznej jako luminofory i znaczniki biologiczne	62
	<i>Marek Godlewski, Michał Marek Godlewski</i>	
4.1.	Wstęp	62
4.2.	Procesy rekombinacji promienistej	62
4.3.	Luminofory w lampach fluorescencyjnych	64
4.4.	Ziemie rzadkie jako aktywatory świecenia luminoforów	70
4.5.	Czy nanorozmiary są potrzebne	74
4.6.	Znaczniki fluorescencyjne do zastosowań w biologii i medycynie	77
4.7.	Znaczniki fluorescencyjne nowej generacji	79
4.8.	Zastosowanie luminoforów domieszkowanych jonami metali ziem rzadkich w badaniach biomedycznych	81
Literatura		84
5.	Nanocząstki a kataliza heterogeniczna	86
	<i>Marcin Pisarek</i>	
5.1.	Wprowadzenie	86
5.2.	Kataliza heterogeniczna (kataliza kontaktowa)	88
5.2.1.	Wymagania stawiane katalizatorom	90
5.2.2.	Etapy reakcji chemicznych w katalizie heterogenicznej	90
5.3.	Otrzymywanie nanocząstek stosowanych w katalizie	92
5.4.	Metody charakteryzowania nanocząstek stosowanych w katalizie	93
5.5.	Przykłady zastosowania nanocząstek w reakcjach katalitycznych. Wpływ czynników morfologicznych, strukturalnych, chemicznych oraz geometrycznych	97
5.6.	Podsumowanie	103
Literatura		104
6.	Nanocząstki zwiększające przewodność elektryczną	106
	<i>Ewelina Ciecierska</i>	
6.1.	Nanorurki węglowe	106
6.2.	Grafen	108
Literatura		111

7. Nanocząstki w zastosowaniach biomedycznych	112
<i>Agata Roguska</i>	
7.1. Wprowadzenie	112
7.2. Nanocząstki metali szlachetnych	113
7.3. Nanocząstki hydroksyapatytowe	117
7.4. Nanocząstki magnetyczne	119
7.5. Kropki kwantowe	122
7.6. Nośniki leków	124
7.7. Biosensory	127
7.8. Podsumowanie	128
Literatura	129
8. Metody i procedury charakteryzowania morfologii nanocząstek	131
<i>Anna Świdarska-Środa</i>	
8.1. Parametry opisu budowy nanocząstek i techniki ich pomiaru	132
8.1.1. Fundamentalne elementy charakterystyki nanoobjektów	132
8.1.2. Techniki badawcze, stosowane w miernictwie nanoobjektów	133
8.2. Znaczenie procedur w analizie morfologicznej nanocząstek	138
8.2.1. Procedura badań nanomateriałów stosowana w Laboratorium Nanostruktur	139
8.3. Nanometrologia w dokumentach UE	141
8.4. Podsumowanie	142
Literatura	142
9. Obrazowanie nanocząstek metodami mikroskopii sił atomowych	144
<i>Michał Woźniak</i>	
9.1. Sonda skanująca	146
9.2. Rozdzielczość pikselowa	146
9.3. Warunki środowiskowe	147
Literatura	154
10. Obrazowanie nanocząstek metodami mikroskopii elektronowej	156
<i>Tomasz Płociński</i>	
10.1. Oddziaływanie wiązki elektronów z materią	160
10.2. Detektory	162
10.3. Mikroskopy wysokorozdzielcze HR STEM/TEM, wyposażone w korektor aberracji sferycznej i/lub chromatycznej	164
10.4. Uchwyty	167
10.5. Mikroanaliza składu chemicznego nanocząstek	167
10.6. Przygotowanie nanocząstek do obserwacji w mikroskopie elektronowym	170
Literatura	172

11. Metody opisu kształtu i pomiary wielkości nanocząstek	173
<i>Krzysztof Rożniatowski, Tomasz Wejrzanowski</i>	
11.1. Wstęp	173
11.2. Parametry lokalne i globalne	173
11.3. Ograniczenia pomiarowe	174
11.4. Obrazowanie nanocząstek	175
11.5. Parametry opisujące wielkość i kształt	176
11.6. Analiza obrazu i wyznaczanie wielkości parametrów	179
11.7. Podsumowanie	182
Literatura	182
12. Pomiar rozkładu wielkości nanocząstek metodą rozpraszania światła laserowego	184
<i>Agnieszka Opalińska</i>	
Literatura	194
13. Pomiar stabilności koloidów i zawiesin nanocząstek	195
<i>Jacek Wojnarowicz, Agnieszka Opalińska</i>	
13.1. Układy dyspersyjne	195
13.1.1. Stabilność koloidów i zawiesin	196
13.1.2. Siły i oddziaływania między cząsteczkami	197
13.1.3. Niestabilność Ostwalda	200
13.1.4. Ruchy Browna	201
13.1.5. Teoria DLVO (podwójna warstwa elektryczna)	202
13.1.6. Zmienność układów dyspersyjnych	203
13.1.7. Termodynamiczny aspekt stabilności układu dyspersyjnego	204
13.1.8. Efekt steryczny	206
13.1.9. Podsumowanie	207
13.2. Proces destabilizacji zawiesin i koloidów	207
13.3. Zasada pomiaru stabilności metodą MLS	209
13.3.1. Stabilność	211
13.3.2. Zmiana wielkości cząstek	212
13.3.3. Migracja cząstek	213
13.3.4. Połączenie niestabilności	214
13.3.5. Podsumowanie	215
13.4. Stabilność elektrostatyczna – potencjał zeta	215
13.4.1. Pomiary potencjału zeta metodą elektroforetyczną	217
13.4.2. Pomiary potencjału zeta metodą elektroakustyczną	218
13.4.3. Pomiary potencjału zeta metodą potencjału strumieniowego	219
13.4.4. Podsumowanie	219
13.5. Podsumowanie rozdziału	220
Literatura	220

14. Pomiar rozmiaru nanokryształów metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego	223
<i>Stanisław Gierlotka</i>	
14.1. Wstęp	223
14.2. Dyfrakcja promieniowania na kryształach	224
14.2.1. Analogie do dyfrakcji światła	224
14.2.2. Specyficzne cechy dyfrakcji na kryształach	225
14.2.3. Dyfrakcja na polikryształach	227
14.2.4. Jak rozmiar kryształu uwidacznia się na dyfraktogramach	229
14.3. Określanie średniego rozmiaru kryształitów – metoda Scherrera	232
14.4. Małe kryształy z naprężeniami – metoda Williamsona–Halla	239
14.5. Badanie rozkładu wielkości kryształitów przez analizę kształtu piku dyfrakcyjnego	242
14.5.1. Ograniczenie metody analizy kształtu piku	247
14.6. Podsumowanie, czyli jak postępować w praktyce	248
Literatura	249
15. Badanie rozkładu wielkości nanokryształitów metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego	250
<i>Roman Pielaszek</i>	
15.1. Zasada działania	250
15.2. Proszki monodispersyjne – metoda Scherrera	252
15.3. Proszki polidispersyjne	254
15.3.1. Metoda <i>Integral Breadth</i> (uogólniona)	256
15.3.2. Metoda Scherrera uogólniona, $FW_{\frac{1}{5}}^{\frac{1}{4}}M$	258
15.3.3. Nanokryształy dużych cząsteczek	259
15.3.4. Metody bezpośredniego dopasowania	261
15.3.5. Narzędzia internetowe	262
15.4. Oszacowanie i redukcja błędów pomiarowych	264
15.4.1. Błąd oznaczenia stałej sieci nanokryształów	264
15.4.2. Błąd oznaczenia rozmiaru ziarna nanokryształów	265
15.4.3. Określanie poziomu tła piku	265
15.5. Ograniczenia metod rentgenowskich	266
15.6. Podstawy fizyczne (dla dociekliwych)	267
15.6.1. Równanie Debye’a	267
15.6.2. Równanie Debye’a dla kryształów, warunek Bragga	267
15.6.3. Profil linii i stała Scherrera dla kryształów prostopadłościennych	271
15.6.4. Profil linii i stała Scherrera dla kryształów kulistych	273
15.6.5. Profil linii dla proszków polidispersyjnych (wielościanny)	274
15.6.6. Profil linii dyfrakcyjnej dla proszków polidispersyjnych (ziarna kuliste)	278
15.6.7. $FW_{\frac{1}{5}}^{\frac{1}{4}}M$ – metoda Scherrera dla proszków polidispersyjnych	280

15.6.8. Metoda <i>Integral Breadth</i> (uogólniona)	283
15.6.9. Oszacowanie błędów pomiarowych stałej sieci	284
15.6.10. Oszacowanie błędów pomiaru rozmiaru ziarna	286
Literatura	286
16. Znaczenie morfologii w kształtowaniu właściwości nanocząstek ...	287
Anna Świdarska-Środa	
Literatura	290
17. Toksyczność nanocząstek i sposoby jej wyznaczania	291
Agnieszka Gajewicz, Tomasz Puzyn, Przemysław Oberbek, Michał Woźniak	
17.1. Czy nanocząstki są toksyczne	291
17.2. Potencjalne mechanizmy toksyczności nanocząstek	293
17.3. Ocena ryzyka stwarzanego przez nanocząstki	295
17.4. Metody eksperymentalne	297
17.4.1. Metody <i>in vitro</i>	298
17.4.2. Metody mikroskopowe	301
17.4.3. Metody <i>in vivo</i>	305
17.4.4. Podstawowe badania toksykometryczne	306
17.5. Metody komputerowe (<i>in silico</i>)	309
17.5.1. Zbieranie danych eksperymentalnych	310
17.5.2. Podział związków na zbiór uczący i testowy	310
17.5.3. Obliczenie deskryptorów	311
17.5.4. Kalibracja i walidacja modelu	313
17.6. Przykłady zastosowania metod QSAR do nanocząstek	317
17.7. Podsumowanie	323
Literatura	324
18. Bezpieczeństwo i higiena pracy z nanocząstkami	330
Anna Świdarska-Środa	
18.1. Ochrona zdrowia pracowników	331
18.1.1. Rekomendowane limity stężeń nanocząstek w środowisku pracy	331
18.1.2. Rekomendowane środki ochrony pracowników	333
18.2. Ryzyko pożaru i eksplozji w środowisku pracy	338
18.2.1. Środki ochrony przeciwpożarowej	338
18.3. Przekazywanie informacji w łańcuchu dostaw	339
18.3.1. Karty charakterystyki materiału	339
18.3.2. Etykiety znamionowe na pojemnikach	341
18.4. Podsumowanie	341
Literatura	342
19. Nanomateriały w świetle przepisów Unii Europejskiej	345
Anna Świdarska-Środa, Agnieszka Baran	
19.1. Definicje i normy	345

19.1.1. Definicja nanomateriału	345
19.1.2. Działania normalizacyjne w nanotechnologii	349
19.2. Kluczowe regulacje Unii Europejskiej dotyczące substancji chemicznych, w tym nanomateriałów	351
19.2.1. System kontroli substancji chemicznych w Unii Europejskiej	351
19.3. Przepisy sektorowe zawierające odniesienia do nanomateriałów	357
19.3.1. Produkty kosmetyczne	357
19.3.2. Produkty biobójcze	358
19.3.3. Produkty spożywcze	358
19.4. Przepisy na poziomie krajowym odnoszące się do nanomateriałów	360
19.5. Podsumowanie	362
Literatura	362

20. Polityka i działania Unii Europejskiej w odniesieniu do nanomateriałów

Anna Świdowska-Środa

Literatura	369
------------------	-----

21. Rynek nanocząstek tlenków metali

Elżbieta Krawczyk-Dembicka

21.1. Nanotechnologia na świecie	371
21.2. Nanotechnologia w Polsce	375
21.3. Rynek nanocząstek tlenków metali	378
21.3.1. Nanocząstki tlenku glinu (Al_2O_3)	380
21.3.2. Nanocząstki tlenku antymonu cyny (ATO)	383
21.3.3. Nanocząstki tlenku bizmutu (Bi_2O_3)	384
21.3.4. Nanocząstki ditlenku ceru (CeO_2)	384
21.3.5. Nanocząstki tlenku kobaltu (CoO)	385
21.3.6. Nanocząstki tlenku miedzi (CuO)	386
21.3.7. Nanocząstki tlenku żelaza (Fe_2O_3 oraz Fe_3O_4)	386
21.3.8. Nanocząstki tlenku indu (In_2O_3)	387
21.3.9. Nanocząstki tlenku magnezu (MgO)	387
21.3.10. Nanocząstki tlenku manganu (MnO oraz Mn_2O_3)	388
21.3.11. Nanocząstki tlenku niklu (NiO)	389
21.3.12. Nanocząstki ditlenku krzemu (SiO_2)	389
21.3.13. Nanocząstki ditlenku tytanu (TiO_2)	390
21.3.14. Nanocząstki tlenku itru (Y_2O_3)	390
21.3.15. Nanocząstki tlenku cynku (ZnO)	391
21.3.16. Nanocząstki ditlenku cyrkonu (ZrO_2)	392
Literatura	404

Ważniejsze skróty i akronimy

Skorowidz