
Spis treści

WYKAZ NIEKTÓRYCH SYMBOLI STOSOWANYCH W KSIĄŻCE	11
WYKAZ SKRÓTOWYCH OZNACZEŃ POLIMERÓW	12
WYKAZ SKRÓTÓW WAŻNIEJSZYCH TERMINÓW	13
PRZEDMOWA	15

Rozdział 1

UPORZĄDKOWANIE MAKROZĄSTECZEK W KRYSTAŁACH 19

1.1. Wiadomości ogólne	19
1.2. Sieć przestrzenna i sieć krystaliczna	20
1.3. Przekształcenia symetrii	23
1.4. Krystalograficzne grupy punktowe	25
1.5. Układy krystalograficzne	25
1.6. Wskaźniki Millera	28
1.7. Defekty w kryształach	31
1.7.1. Defekty punktowe	32
1.7.2. Dyslokacje	34
1.7.3. Wektor Burgersa	36
1.7.4. Poślizg	38
1.8. Defekty powierzchniowe	39
1.9. Defekty energetyczne	41
Literatura	46

Rozdział 2

BUDOWA CHEMICZNA POLIMERÓW 47

2.1. Polimery	47
2.2. Konfiguracja i konformacja	52

2.3.	Masa cząsteczkowa	52
2.4.	Stereoizomeria	55
2.5.	Makrocząsteczki giętkie	58
2.5.1.	Segment Kuhna	60
2.5.2.	Izomeria rotacyjna	61
2.5.3.	Giętkość i sztywność łańcucha	63
2.5.4.	Średni kwadrat promienia bezwładności makrocząsteczki	63
2.5.5.	Funkcja korelacji par $g(\vec{r})$	64
2.6.	Makrocząsteczki sztywne	65
2.7.	Konformacje uporządkowane	67
2.8.	Temperatura zeszklenia	69
	Literatura	70

Rozdział 3

UPORZĄDKOWANIE MAKROCZĄSTECZEK W POLIMERACH 72

3.1.	Wiadomości ogólne	72
3.2.	Radialna funkcja rozkładu	75
3.3.	Funkcje korelacji	76
3.4.	Uporządkowanie i dyfrakcja	80
3.5.	Quasi-kryształy	82
3.6.	Makrocząsteczki w sieci krystalicznej	83
3.7.	Parakryształy	85
3.7.1.	Defekty rodzaju I	86
3.7.2.	Defekty rodzaju II	89
3.7.3.	Statystyki koordynacyjne	91
3.7.4.	Splot funkcji	94
3.7.5.	Transformacja Fouriera	98
3.7.6.	Wyznaczanie odchylenia standardowego	100
3.7.7.	Parakryształy rzeczywiste	105
	Literatura	109

Rozdział 4

MONOKRYSTAŁY POLIMERÓW 111

4.1.	Wiadomości ogólne	111
4.2.	Micelarny model frędzlowy	113
4.3.	Odkrycie sfałdowania makrocząsteczek	115
4.4.	Budowa monokryształu płytkowego	117
4.4.1.	Płaszczyzny sfałdowań makrocząsteczek	123
4.4.2.	Nachylenie łańcuchów wyprostowanych	124
4.4.3.	Struktura warstwy powierzchniowej monokryształów	126

4.5.	Czynniki wpływające na długość okresu sfałdowania	136
4.6.	Równowagowa postać kryształu	140
4.7.	Monokryształy wielowarstwowe	142
4.8.	Dendryty	143
4.9.	Monokryształy z masy stopionej	144
4.10.	Zjawisko samoblokady wzrostu kryształów	148
4.11.	Krystalizacja opóźniona	149
4.12.	Wpływ ciśnienia	150
4.13.	Mechanizm wzrostu kryształów ECC	153
4.14.	Stabilność kryształów	157
4.15.	Modele wzrostu kryształów	161
	Literatura	163

Rozdział 5

AGREGATY KRYSZTAŁÓW LAMELARNYCH 166

5.1.	Wiadomości ogólne	166
5.2.	Właściwości optyczne sferolitów	169
5.2.1.	Podstawy krystalooptyki	172
5.2.2.	Obrazy wygaszania	175
5.3.	Sferolity i monokryształy	180
5.4.	Nukleacja i wzrost sferolitów	190
5.4.1.	Teoria Keitha i Paddena	193
5.4.2.	Wczesne etapy ewolucji sferolitów	196
5.5.	Szybkość wzrostu kryształów	200
5.6.	Hedryty, fibryle	207
5.6.1.	Fibryle	208
5.6.2.	Krystalizacja w warunkach orientacji makrocząsteczek	209
5.6.2.1.	Morfologia kryształów shish-kebabs	211
5.6.2.2.	Morfologia i reologia	214
5.6.2.3.	Znaczenie praktyczne	216
5.6.3.	Wpływ splątania na wzrost sferolitów	218
5.6.4.	Kawitacje i emisja dźwięków	220
5.6.5.	Efekty temperaturowe	223
	Literatura	225

Rozdział 6

KINETYKA KRYSZTAŁIZACJI 230

6.1.	Wiadomości ogólne	230
6.2.	Nukleacja	233
6.2.1.	Nukleacja jednorodna	235

6.2.2.	Obserwacje nukleacji jednorodnej	242
6.2.3.	Kilka uwag o klasycznej teorii nukleacji	244
6.3.	Nukleacja niejednorodna	247
6.3.1.	Katalizatory nukleacji	249
6.3.2.	Wstęp do teorii nukleacji niejednorodnej	251
6.4.	Nukleacja powierzchniowa	255
6.4.1.	Nukleacyjny mechanizm wzrostu kryształów płytkowych	256
6.4.2.	Teoria Lauritzena-Hoffmana	259
6.4.3.	Zgodność teorii LH z doświadczeniem	266
6.4.4.	Teoria Sadlera-Gilmera	267
6.5.	Kinetyka krystalizacji	269
6.5.1.	Statystyczna teoria krystalizacji	270
6.5.1.1.	Równania kinetyczne	273
6.5.1.2.	Kinetyka krystalizacji izotermicznej – weryfikacja doświadczalna	277
6.5.1.3.	Granice słuszności prawa Avramiego	281
6.5.1.4.	Krystalizacja opóźniona	284
6.5.2.	Krystalizacja nieizotermiczna	286
6.5.2.1.	Statystyczna teoria krystalizacji nieizotermicznej	289
6.5.2.2.	Proces izokinetyczny	296
6.5.2.3.	Rozpraszanie promieniowania synchrotronowego	301
	Literatura	307

Rozdział 7

STAN CIEKŁOKRYSTALICZNY W POLIMERACH 313

7.1.	Wiadomości ogólne	313
7.2.	Struktura i uporządkowanie	315
7.3.	Klasyfikacja ciekłych kryształów	316
7.3.1.	Faza nematyczna	317
7.3.2.	Faza smektyczna	320
7.3.3.	Faza cholesterolowa	323
7.3.4.	Dyskoidalne ciekłe kryształy	325
7.4.	Mezofazy liotropowe i termotropowe	328
7.4.1.	Właściwości cząsteczek substancji ciekłokrystalicznych	328
7.4.2.	Polimery z mezogenicznymi grupami w łańcuchu głównym	330
7.4.3.	Ciekłe kryształy liotropowe	331
7.4.4.	Ciekłe kryształy termotropowe	333
7.4.5.	Polimery z giętkimi spacerami w łańcuchu głównym	335
7.4.6.	Ciekłe kryształy polimerów zawierające sztywne makrocząsteczki z doczepionymi giętkimi łańcuchami	336

7.4.7. Ciekłe kryształy polimerowe z grupami mezogennymi w łańcuchach bocznych	338
7.5. Przemiany fazowe w PLC	339
7.6. Tekstury ciekłokrystaliczne	342
7.6.1. Tekstury w nematykach	343
7.6.2. Tekstura w mezofazie smektycznej	346
7.7. Orientacja indukowana	349
Literatura	352

Rozdział 8

STOPIEŃ KRYSTALICZNOŚCI 355

8.1. Wiadomości ogólne	355
8.2. Wskaźnik przemiany fazowej	356
8.3. Metoda pomiaru gęstości	358
8.4. Metoda kalorymetrii dynamicznej DSC	359
8.5. Metoda spektroskopii w podczerwieni	362
8.6. Metody rentgenografii szerokokątowej (WAXS)	366
8.6.1. Metoda Hermansa-Weidingera	369
8.6.2. Metoda korelacyjna WVC	370
8.6.3. Metoda Rulanda-Vonka	372
8.6.4. Metoda Hindeleha-Johnsona	375
8.7. Metoda SAXS	377
Literatura	385

Rozdział 9

ORIENTACJA 388

9.1. Wiadomości ogólne	388
9.2. Powstawanie orientacji	390
9.2.1. Pojęcia podstawowe	393
9.3. Teoretyczny opis orientacji	396
9.4. Metody badania orientacji	405
9.4.1. Dyfraktometria WAXS	405
9.4.2. Metoda dwójłomności	410
9.4.2.1. Metoda transmisyjna	414
9.4.2.2. Metoda kompensacyjna	415
9.4.3. Dichroizm optyczny	417
9.4.4. Fluorescencja spolaryzowana	427
Literatura	431

Rozdział 10	
UPORZĄDKOWANIE MAKROCZĄSTECZEK WE WŁÓKNACH	434
10.1. Wiadomości ogólne	434
10.2. Modele struktury włókien	436
10.2.1. Mikrofibryle	441
10.2.2. Modele morfologiczne	445
10.3. Włókna o właściwościach ekstremalnych (HPF)	450
10.3.1. Metody otrzymywania włókien HPPF	452
10.3.2. Włókna PPTA	455
10.3.3. Morfologia włókien HPPF	457
10.3.4. Włókna UHMWPE	459
10.3.4.1. Morfologia włókien UHMWPE	460
10.3.4.2. Właściwości mechaniczne włókien UHMWPE	462
10.4. Wpływ orientacji makrocząsteczek na krystalizację	465
10.4.1. Wpływ naprężenia na temperaturę topnienia	467
10.4.2. Związek między naprężeniem i kinetyką krystalizacji	470
10.4.3. Krystalizacja pod naprężeniem w PET	474
10.4.4. Morfologia i deformacja	479
10.5. Zjawisko szyjkowania	481
10.6. Budowa włókien wełny	486
10.6.1. Anatomiczna budowa włókna	489
10.6.2. Fibrylarna morfologia włókna wełny	492
Literatura	494
SKOROWIDZ	501