

Obsah

Úvod	11
1 Struktura pevných látek	13
1.1 Pevné látky	13
1.2 Krystaly	15
1.2.1 Makroskopická souměrnost krystalů	15
1.2.2 Souměrnost vnitřní mikroskopické struktury krystalů	19
1.2.3 RTG difrakční analýza struktury krystalů	35
1.3 Nepravidelnost vnitřní struktury pevných látek	37
1.3.1 Kvazikrystaly	37
1.3.2 Kapalně krystaly	37
1.3.3 Parakrystaly	37
1.3.4 Skla	42
1.3.5 Jak vzniká nepravidelnost vnitřní struktury	45
1.4 Spontánní strukturalizace	47
1.5 Nadmolekulární struktura	48
1.5.1 Silikáty	54
1.5.2 Polymery	59
1.5.3 Dendrimery	65
1.5.4 Orientované dendritické struktury	66
1.6 Textura polykrystalických látek	66
1.7 Strukturní typy	68
1.8 Těsně směřované struktury	71
1.9 Izomorfie a polymorfie	76
1.10 Vazby	81
1.11 Kvantová mechanika	84
1.12 Pásová teorie pevných látek	90
2 Termodynamika	95
2.1 Vnitřní dynamika pevných látek a její energie	95
2.2 Entropie a termodynamické potenciály	100
2.3 Rovnováha ve směsi	106
2.4 Aktivita	107
3 Krystalizace	111
3.1 Podchlazení	111
3.2 Nukleace	113

3.3	Růst krystalů	116
3.4	Kinetika tuhnutí	118
3.5	Heterogenní nukleace	121
3.6	Morfologie	125
3.7	Krystalizace slitin	128
3.7.1	Stavové diagramy	128
3.7.2	Segregace	139
3.7.3	Konstituční přechlazení	140
3.7.4	Eutektická krystalizace	142
4	Slinování	147
4.1	Slinování jako technologie	147
4.2	Kapilární jevy při slinování	151
4.3	Kelvinova rovnice	152
5	Rekrystalizace	157
5.1	Spontánní strukturalizace	157
5.2	Rekrystalizace během provozu	162
5.3	Rekrystalizace ve výrobě	164
5.4	Reverzní procesy při rekrystalizaci	169
6	Difuze	171
6.1	Fenomenologická teorie difuze	171
6.2	Difuzní koeficient	180
6.2.1	Určování hodnoty difuzního koeficientu	180
6.2.2	Lokalizace difuzního procesu	183
6.2.3	Teplotní závislost koeficientu difuze	184
6.2.4	Závislost difuzního koeficientu na struktuře matrix	187
6.2.5	Anomální (snadná) difuze	187
6.2.6	Koncentrační závislost koeficientu difuze	190
6.3	Atomová teorie difuze	200
7	Kinetika	205
7.1	Aktivovaný komplex	205
7.2	Eyringova rovnice	207
7.3	Kinetické rovnice a C-křivky	212
7.4	Transformační diagramy	214
8	Strukturní poruchy a porušování pevných látek	215
8.1	Parakrystaly	215
8.2	Rovnovážná koncentrace strukturních defektů	216
8.3	Dislokace	219
8.3.1	Hranové, šroubové a smíšené dislokace	219
8.3.2	Dislokace a pevnost krystalů	221
8.3.3	Dislokace a růst krystalů	222
8.3.4	Pohyb dislokací	225
8.3.5	Energie dislokací	228
8.3.6	Interakce mezi dislokacemi	230
8.3.7	Interakce dislokací s bodovými poruchami	237
8.3.8	Peierls-Nabarrovo napětí	239
8.3.9	Tvorba nových dislokací	240
8.3.10	Hustota dislokací	241
8.4	Hranice zrn a vrstevné chyby (neúplné dislokace)	243
8.5	Porušení celistvosti	247
8.6	Kapalné krystaly, kvazikrystaly a plastické krystaly	250
8.7	Hosemannův zákon α^*	251

9 Tuhé roztoky	253
9.1 Složení a struktura tuhých roztoků	253
9.2 Tvorba tuhých roztoků	255
9.3 Vnitřní energie (termodynamický potenciál) tuhého roztoku	257
9.4 Rozpad tuhého roztoku	261
9.4.1 Termodynamika rozpadu	261
9.4.2 Kinetika rozpadu	263
9.4.3 Energetický profil precipitace	266
9.4.4 Stadia precipitačního procesu	269
9.4.5 Koherence precipitátu	270
9.4.6 Teplotní závislost rozpustnosti	274
9.5 Uspořádávání tuhých roztoků	275
9.5.1 Hyperstruktura	275
9.5.2 Kurnakovova kritická teplota	278
9.5.3 Vliv uspořádání na vlastnosti tuhého roztoku	278
9.5.4 Pořádek na dálku	279
9.5.5 Pořádek na blízko	284
10 Povrchy	287
10.1 Povrchové napětí	287
10.2 Křivost a reaktivita povrchu	291
10.3 Nanostrukturní materiály	292
10.4 Katalýza	293
10.5 Tenké vrstvy	294
10.6 Hranice zrn	295
10.7 Skeletální struktury	296
10.8 Langmuirovy a LB-vrstvy	299
11 Epitaxie	303
11.1 Epitaxie v přírodě	303
11.2 Epitaxie v technologii	305
11.3 Geometrické, fyzikální a chemické aspekty epitaxie	307
11.4 Epitaxie a RTG difrakce	312
12 Martenzitická transformace	315
12.1 Kooperativní charakter martenzitické přeměny	315
12.2 Morfologie martenzitu	317
12.3 Koherence martenzitu s austenitem	319
13 Mechanické vlastnosti obecně a jejich zkoušení	323
14 Mechanické vlastnosti konstrukčních materiálů. Rozdělení a historie.	327
14.1 Historické mezníky	329
14.2 Rozdělení mechanických zkoušek	329
14.3 Chování kovových materiálů za působení vnějšího zatížení	331
15 Základní mechanické vlastnosti	335
15.1 Zkouška tahem	335
15.2 Základní mechanické vlastnosti. Definice	339
15.3 Zkoušky tahem za jiných než okolních teplot	340
15.4 Zkoušky tahem při vyšších rychlostech deformace	342
16 Problematika křehkého lomu	343
16.1 Křehký lom	344
16.2 Tranzitní přístup	345
16.3 Zkouška rázem v ohybu metodou Charpy	346
16.4 Instrumentovaná zkušební metoda	349

16.5	Tranzitní teploty	351
16.6	Lomová mechanika	354
16.6.1	Griffithův vztah	356
16.6.2	Lineární elastická lomová mechanika	357
16.6.3	Elasticko-plastická lomová mechanika	365
16.6.4	Měření J – R křivky na více zkušebních tělesech	369
16.6.5	Experimentální hodnoty	371
16.6.6	Šíření trhlin a lomová mechanika	373
17	Chování materiálů při cyklickém zatěžování. Únava materiálů a konstrukcí	375
17.1	Wöhlerova křivka (S – N křivka)	377
17.2	Stadia únavového procesu	379
17.2.1	Stadium změn mechanických vlastností	381
17.2.2	Stadium iniciace trhlin	383
17.2.3	Stadium šíření trhlin	384
17.2.4	Únavový lom	390
17.3	Vlivy působící na mez únavy	392
17.3.1	Vliv vnějších faktorů	392
17.3.2	Vliv vnitřních faktorů	394
18	Tečení materiálu (creep), dlouhodobá pevnost za zvýšených teplot	395
18.1	Křivka tečení	396
18.2	Charakteristiky creepové životnosti	399
18.3	Ostatní faktory ovlivňující rychlost tečení a dobu do lomu	400
19	Tvrдость kovových materiálů a její měření	403
19.1	Zkoušky tvrdosti	406
19.1.1	Zkouška tvrdosti podle Brinella	406
19.1.2	Zkouška tvrdosti podle Vickerse	407
19.1.3	Zkouška tvrdosti podle Rockwella	407
19.2	Zkoušky mikrotvrdosti	410
19.3	Zkoušky nanotvrdosti	410
19.4	Korelace metod měření tvrdosti	411
19.4.1	Korelace tvrdosti a pevnosti materiálu v tahu	412
20	Všeobecný úvod do fyziky polovodičů	413
20.1	Historické a úvodní poznámky	413
20.2	Všeobecné vlastnosti polovodičů	415
20.2.1	Elektrická vodivost polovodičů a její závislost na teplotě	415
20.2.2	Elektronová struktura, elektronová a děrová vodivost v polovodičích	419
20.3	Tradiční a moderní technologie výroby polovodičových materiálů	426
20.3.1	Czochralského metoda	426
20.3.2	Depozice z plynné fáze	427
20.3.3	Odpařování ve vakuu	428
20.3.4	Katodové odprašování	429
20.3.5	Epitaxie z molekulárních svazků	431
20.3.6	Pulzní laserová depozice	432
21	Model ideálního polovodiče	435
21.1	Krystalografické a mechanické vlastnosti základních typů polovodičů	435
21.1.1	Krystalická struktura polovodičů	435
21.1.2	Mechanické vlastnosti polovodičů	438
21.1.3	Piezoelektrický jev v polovodičích	442
21.2	Kvantová teorie pohybu nosičů elektrického náboje v ideálním polovodiči	443
21.2.1	Adiabatická aproximace	445
21.2.2	Jednoelektronová aproximace	445
21.2.3	Periodické pole krystalické mřížky, Blochova funkce	447

21.2.4	Pohyb elektronu v periodickém potenciálovém poli	449
21.3	Základy energetické pásmové struktury ideálního polovodiče	452
21.3.1	Vlnový vektor elektronu v krystalu, reciproká mřížka a Brillouinovy zóny	452
21.3.2	Efektivní hmotnost elektronů v krystalech	456
22	Model reálného polovodiče	461
22.1	Vliv teploty na krystalickou mřížku, akustické a optické kmity mřížky	461
22.1.1	Vliv teploty na krystalickou mřížku	461
22.1.2	Akustické a optické kmity mřížky	463
22.2	Vliv defektů na energetické pásmové spektrum nosičů elektrického náboje	467
23	Statistika nosičů elektrického náboje v polovodičích	473
23.1	Hustota energetických stavů v polovodičích	473
23.2	Koncentrace elektronů a děr v polovodičích	476
23.2.1	Fermiho-Diracova rozdělovací funkce	476
23.2.2	Výpočet koncentrace elektronů a děr	478
23.2.3	Rovnice elektrické neutrality krystalu	482
23.3	Vlastní a příměsové polovodiče	482
23.3.1	Zaplnění příměsových hladin	482
23.3.2	Vlastní polovodič	485
23.3.3	Koncentrace elektronů a děr v nevlastním polovodiči	486
23.4	Změna typu vodivosti - epitaxie, difuze, iontová implantace	487
23.4.1	Epitaxní růst	487
23.4.2	Difuze	491
23.4.3	Iontová implantace	494
23.4.4	Tvorba defektů při iontové implantaci a jejich odstranění	496
24	Transportní jevy v polovodičích	499
24.1	Boltzmannova kinetická rovnice	499
24.1.1	Relaxační doba	503
24.2	Elektrická vodivost pevných látek	505
24.3	Galvanomagnetické jevy	506
24.3.1	Hallův jev	506
24.3.2	Rozptylové mechanismy	509
24.4	Termoelektrické jevy	510
24.4.1	Seebeckův jev	510
24.4.2	Peltierův a Thomsonův jev	511
25	Kontaktní jevy v polovodičích	513
25.1	Kontaktní rozdíl potenciálů, výstupní práce	513
25.2	Kontakt kov - polovodič	520
25.3	Kontakt polovodič - polovodič (p - n přechod)	524
25.4	Heteropřechody	527
26	Optické vlastnosti polovodičů	531
26.1	Absorpce záření v polovodičích	531
26.1.1	Absorpce ve vlastním polovodiči s přímým přechodem	533
26.1.2	Absorpce záření při nepřímých přechodech	535
26.2	Fotoelektrické jevy v polovodičích	537
26.2.1	Difuze a drift nerovnovážných nosičů náboje	540
27	Polovodičové tenké vrstvy	545
27.1	Definice tenkých vrstev, jejich specifické vlastnosti a technologie přípravy	545
27.2	Polovodičové supermřížky	550
28	Perspektivní polovodičové materiály, způsob jejich přípravy a použití	555

29 Využití polovodičů v mikromechanice a v mikrosystémové technice	559
Literatura	563
Závěr	571