

Spis treści

Wstęp	11
Uzupełniające pozycje bibliograficzne	13
CZĘŚĆ PIERWSZA – Immanentne własności materiałów ceramicznych	
A. Wiązania i elektrony	19
Model pojedynczego atomu (19): energia potencjalna i energia kinetyczna atomu w funkcji odległości względem drugiego, sąsiedniego atomu; odległość równowagowa; oscylacje atomów wokół pozycji równowagowej; kwanty energii drgań atomów – fonony; gałąź akustyczna i optyczna drgań atomów. Rodzaje wiązań międzyatomowych (22): wiązania pierwszorzędowe i drugorzędowe; powłoki i podpowłoki elektronowe – orbitale; wiązania metaliczne, kowalencyjne, jonowe; elektroujemność a stopień udziału charakteru jonowego, kowalencyjnego i metalicznego w wiązaniu. Stan energetyczny elektronów (29): rozszczepienie poziomów energii elektronów w kryształach i tworzenie pasm energii oraz przerw energetycznych (stref energii wzbronionych dla elektronów); strefy Brillouina. Schematy (modele) pasmowe materiałów (31): pasma przewodnictwa i walencyjne; funkcja i poziom Fermiego. Gama materiałów nieorganiczno-niemetalicznych od izolatorów do półprzewodników samoistnych (33): różnica szerokości przerwy energetycznej u izolatorów i półprzewodników samoistnych; uwypuklanie się różnych własności materiałów w zależności od szerokości przerwy energetycznej i rodzaju bodźców zewnętrznych. Półprzewodniki niesamoistne (35): przekształcanie półprzewodników samoistnych i niektórych izolatorów w półprzewodniki typu p i n drogą domieszkowania; donory i akceptory; poziomy donorowe i akceptorowe.	
B. Struktura	38
Zespoły koordynacyjne (38): zależność liczby koordynacyjnej (liczby atomów otaczających atom centralny) od stosunku promieni atomów; ograniczenia narzucone w przypadku występowania wiązań jonowych – reguły Paulinga; ograniczenia narzucone w przypadku ukierunkowanych wiązań kowalencyjnych. Struktura krystaliczna różnych typów materiałów nieorganiczno-niemetalicznych (40): komórka elementarna, komórka Bravais’go, układy krystalograficzne; przykłady struktur typu polimeru przestrzennego i struktur o zróżnicowanym rodzaju wiązań; krzemiany. Defekty struktury krystalicznej (46): defekty punktowe – wakancje, atomy międzywęzłowe i obce atomy; roztwory stałe; defekty liniowe – dyslokacje krawędziowe i śrubowe; defekty płaskie – granice niskokątowe i błędy ułożenia. Materiały amorficzne (51): budowa materiałów amorficznych; typowe zespoły koordynacyjne tworzące więzby amorficzną; model więzby w amorficznej krzemionce według Zachariasena; budowa amorficzna polimerów.	
C. Granice rozdziału	55
Powierzchnia ciał stałych (55): struktura granic rozdziału ciało stałe–próżnia lub gaz; energia powierzchniowa (właściwa) i jej zależność od orientacji powierzchni względem płaszczyzn struktury krystalicznej. Niektóre procesy zachodzące na powierzchniach (57): przebudowa struktury warstw przypowierzchniowych materiałów krystalicznych; model powierzchni materiałów krystalicznych; absorpcja gazów i zanieczyszczeń; zwilżanie powierzchni przez ciecz.	

Granice ziarnowe w polikryształach (61): koincydencja węzłów sieci na granicach ziarnowych; dyslokacje granic rozdziału; koherentne i półkoherentne granice rozdziału; akumulacja domieszek obcych atomów na granicach rozdziału. **Powierzchnie półprzewodników (65):** stany powierzchniowe elektronów; powstawanie barier potencjału i obszaru zubożonego oraz ładunku przestrzennego. **Złącza w półprzewodnikach (67):** granice rozdziału ciała stałe–ciało stałe w różnie domieszkowanych jednorodnych półprzewodnikach (homozłącza); granice rozdziału między półprzewodnikami różnego rodzaju (heterozłącza); własności elektroniczne heterozłącza.

D. Własności mechaniczne 71

Odształcenie sprężyste (71): obciążenie i naprężenie; prawo Hooke’a, moduł Younga, moduł sztywności poprzecznej i moduł (liczba) Poissona; związek odkształcenia ze strukturą krystaliczną – składowe naprężenia i odkształcenia; stałe sprężystości i podatności sprężystej; uogólnione prawo Hooke’a; zależność modułów od natury wiązań międzyatomowych i struktury; odkształcenie i energia odkształcenia sprężystego. **Niesprężystość (78):** zależność odkształcenia od czasu; niezrelaksowane i zrelaksowane odkształcenie i moduł Younga. **Odształcenie trwale wskutek poślizgu dyslokacji (79):** zachowawczy i niezachowawczy poślizg dyslokacji; uprzywilejowane kierunki i płaszczyzny poślizgu dyslokacji; liczba systemów poślizgu a makroskopowe odkształcenie trwale; natura wiązań a podatność materiału na odkształcenie wskutek poślizgu dyslokacji. **Odształcenie trwale wskutek dyfuzji (82):** wpływ obciążenia na powstawanie gradientu potencjału chemicznego w materiałach i ukierunkowanie strumieni dyfuzji w podwyższonej temperaturze. **Inne mechanizmy trwałego odkształcenia (84):** mapy odkształcenia według Ashby’ego. **Dekohezja (85):** teoretyczna wytrzymałość mechaniczna; kruche pęknięcie; koncentracja naprężenia u wierzchołka pęknięcia; siła rozprzestrzeniająca pęknięcie; oporność materiału na rozprzestrzenianie się pęknięć. **Odporność na kruche pęknięcie (90):** sposoby obciążania materiału; współczynnik intensywności naprężeń; współczynnik odporności na kruche pęknięcie; podstawowe równanie (liniowej) mechaniki pęknięcia. **Statystyczne aspekty dekohezji (93):** ryzyko zniszczenia; prawdopodobieństwo przeżycia próbek; moduł Weibulla materiałów.

E. Własności cieplne 97

Dyfuzja w ciałach stałych (97): drgania atomów i prawdopodobieństwo ich przeskoku do sąsiednich pozycji; błędzenie przypadkowe; mechanizmy dyfuzji. **Topnienie (98):** zanik uporządkowania dalekiego zasięgu w strukturze krystalicznej; temperatura topnienia a typ wiązań. **Rozszerzalność cieplna (100):** rozszerzalność cieplna objętościowa i liniowa; współczynniki rozszerzalności cieplnej a budowa krystaliczna i amorficzna; wpływ typu wiązań na rozszerzalność cieplną. **Przewodnictwo cieplne (102):** pojęcia podstawowe; wkład elektronów i fononów do przewodnictwa cieplnego; przewodnictwo cieplne a procesy przerzutu (fononów); wpływ obecności domieszek i porów w materiale; przewodnictwo cieplne materiałów krystalicznych i amorficznych. **Termoelektryczność (106):** efekt i współczynnik Seebecka oraz efekt Peltiera; wskaźnik dobroci termoelektrycznej metali, izolatorów i półprzewodników. **Naprężenia cieplne (108):** powstawanie naprężeń mechanicznych w materiale ogrzewanym i ochładzanym; przenoszenie ciepła według prawa Newtona; liczba Biota i rozkład temperatury w materiale; naprężenia cieplne na powierzchni i w centrum objętości materiałów o różnym kształcie. **Odporność na naprężenia cieplne (110):** współczynniki odporności (materiału) na naprężenia cieplne, naprężenia cieplne pierwszego i drugiego rodzaju; rozkład resztkowych naprężeń cieplnych w materiałach niejednorodnych

F. Własności elektryczne 115

Przewodnictwo elektryczne (115): elektrony, dziury elektronowe i jony jako nośniki ładunku elektrycznego; ukierunkowanie ruchu nośników ładunku pod wpływem przyłożenia pola elektrycznego; prawo Ohma; przewodnictwo elektryczne i rezystywność. **Przewodniki, półprzewodniki, izolatory (116):** prawa ruchu elektronów i dziur elektronowych; liczby przenoszenia elektronowych i jonowych nośników ładunku; modele pasmowe i podział materiałów na przewodniki, półprzewodniki i izolatory w oparciu o ich rezystywność. **Elektrolity stałe (118):** materiały o wysokich liczbach przenoszenia jonowych nośników ładunku; przykłady tlenkowych

elektrolitów stałych. **Półprzewodniki niesamoistne, termistory (118)**: mechanizm skaczących elektronów w domieszkowanych tlenkach a znaczny spadek rezystywności z temperaturą; polikrystaliczny tytanian baru jako przykład materiału wykazującego znaczny wzrost rezystywności z temperaturą; nabywanie przez niektóre ceramiczne izolatory własności przewodzących przy dużych natężeniach pola elektrycznego. **Warystory (121)**. **Nadprzewodniki wysokotemperaturowe (122)**: przejście materiałów w stan nadprzewodnictwa w funkcji temperatury i natężenia pola magnetycznego; nadprzewodniki miękkie i nadprzewodniki twarde (zdolne do przewodzenia prądu o dużym natężeniu w polu magnetycznym); krytyczna gęstość prądu. **Polaryzacja (124)**: polaryzacja wskutek tworzenia się dipoli elektrycznych lub orientacji wcześniej istniejących dipoli; polaryzacja sprężysta i cieplna; względna stała dielektryczna i gromadzenie ładunku w kondensatorach. **Ferroelektryki, piroelektryki i piezoelektryki (128)**: samorzutna polaryzacja ferroelektryków; zmiany objętości przy zmianach natężenia pola elektrycznego (odwrotny efekt piezoelektryczny) i zmiany polaryzacji przy odkształceniu sprężystym (efekt piezoelektryczny); elektrostrykcja; efekt piroelektryczny wskutek pojawienia się nieskompensowanych ładunków na ograniczonych powierzchniach; wpływ klasy symetrii struktury krystalicznej na możliwość wystąpienia wspomnianych wcześniej efektów.

G. Własności optyczne 134

Odbicie, załamanie i absorpcja światła (135): oddziaływanie materiałów i światła zakresu widzialnego rozpatrywanego jako fale; refleksja, absorpcja, transmitancja; załamanie światła i całkowite odbicie wewnętrzne; efekt akustooptyczny. **Kryształy fotoniczne (138)**: materiały o periodycznej strukturze współczynników załamania światła; przerwy energetyczne dla światła zakresu widzialnego; rozprzestrzenianie się światła w powietrzu wzdłuż defektów liniowych kryształów fotonicznych. **Fotoprzewodnictwo (140)**: wymiana energii między materiałami a promieniowaniem elektromagnetycznym zakresu widzialnego rozpatrywanym jako kwanty energii (fotony); absorpcja fotonów a wzrost natężenia prądu elektrycznego w naświetlanym półprzewodniku przy przyłożeniu zewnętrznego pola elektrycznego; wykorzystanie fotoprzewodnictwa dla przetwarzania energii promienistej w elektryczną w fotokomórkach, fotodiodach i ogniwach fotoelektrycznych; szczególnie korzystne warunki dla generacji fotoprzewodnictwa w materiałach ze złączem *p-n*. **Luminescencja, diody świecące, lasery (141)**: luminescencja wskutek przejść optycznych; Lasery wykorzystujące przejścia optyczne pomiędzy niecałkowicie zapełnionymi poziomami wewnętrznych orbitali 4f i 3d; dominacja wymuszonych przejść optycznych przy inwersji obsadzenia poziomów; diody laserowe wykorzystujące przejścia optyczne pomiędzy dolną krawędzią pasma przewodnictwa a górną krawędzią pasma walencyjnego w heterozłączach. **Barwa materiałów (143)**: barwa materiałów wskutek odbicia, absorpcji i interferencji fal światła widzialnego o określonych długościach fali; selektywna absorpcja w materiałach przezroczystych wskutek występowania centrów barwnych; centra barwne tworzone przez pierwiastki grup przejściowych; wpływ symetrii zespołów koordynacyjnych w spinelach (chromianach, glinianach i ferrytach) na ich barwę ; pigmenty ceramiczne

H. Własności magnetyczne 148

Własności magnetyczne różnych typów materiałów (148): diamagnetyki, paramagnetyki; ferromagnetyki, ferrimagnetyki; dipole magnetyczne; namagnesowanie, względna przenikalność magnetyczna materiału i podatność magnetyczna; magneton Bohra; spinowe momenty magnetyczne atomów swobodnych i w strukturze krystalicznej; ferryty miękkie i twarde. **Spinowe momenty magnetyczne atomów swobodnych i w strukturze krystalicznej (151)**. **Ferryty (152)**: ferrimagnetyki zawierające Fe^{3+} – ferryty – o strukturze spineli, granatów i magnetoplumbitu; wzmocnienie indukcji magnetycznej wskutek wzajemnego oddziaływania elektronów o nieskompensowanym spinie związanych z odmiennymi kationami w strukturze spinelu; ceramiczne materiały magnetyczne miękkie i twarde; półprzewodniki ferromagnetyczne i ich wykorzystanie w spintronice.

I. Odporność materiałów ceramicznych na zużycie 156

Zużycie ściernie materiałów (156): ubytek materiału wskutek przemieszczania się powierzchni materiału względem powierzchni drugiego, twardszego materiału; wpływ twardości i chropowatości powierzchni; mechanizmy zużycia – ścinanie, żłobienie i rozwarstwianie mniej

twardego materiału. **Erozja materiałów w gorących gazach (158)**: ubytek materiału wskutek sublimacji oraz rozwarstwiania pod wpływem ударów stałych cząstek zawartych w gazie; zmiany szybkości ubytku materiałów tlenkowych i węglkowych w czasie przy występowaniu różnych mechanizmów erozji. **Korożja w agresywnych gorących stopach (161)**: heterogeniczne reakcje chemiczne na granicy rozdziału materiał ceramiczny – ciekły stop i rozpuszczanie się w ciekłym stopie; reakcje utleniająco-redukcyjne oraz kwasowo-zasadowe w korożji.

CZĘŚĆ DRUGA – Ważniejsze rodzaje współczesnych konstrukcyjnych i funkcjonalnych materiałów ceramicznych

J. Kompozyty, laminaty 169

Ceramiczne kompozyty ziarniste (170): wzrost wytrzymałości lub odporności na kruche pęknięcie ze zwiększeniem udziału objętościowego ziaren drugiej fazy do osiągnięcia progu perkolacji; wpływ resztkowych naprężeń cieplnych na sposób pęknięcia kompozytów ziarnistych pod obciążeniem; wykorzystanie przemiany martenzytycznej w dwutlenku cyrkonu. **Ceramiczne kompozyty włókniste (175)**: kompozyty o włóknach i osnowie ceramicznej dla pracy w podwyższonej temperaturze i agresywnym środowisku; stabilne zwiększanie się długości pęknięć pod obciążeniem wskutek rozwarstwień na słabych granicach rozdziału włókno-osnowa; dobór warstw pośrednich. **Laminaty (178)**: stabilne zwiększanie się długości pęknięć wskutek wielokrotnych rozwarstwień; zachowanie się pod obciążeniem laminatów złożonych z warstw różniących się sztywnością. **Materiały o funkcjonalnym gradiencie składu (180)**: systematyczne zmiany składu fazowego w kolejnych warstwach; płynne zmiany własności mechanicznych, cieplnych i/lub optycznych wskroś materiału; wykorzystanie techniczne materiałów o funkcjonalnym gradiencie składu (FGM). **Kompozyty otrzymywane drogą kierunkowego krzepnięcia ciekłych stopów o składzie eutektycznym (181)**: klasa kompozytów o monokrystalicznych składowych z granicami rozdziału nie zawierającymi zanieczyszczeń; możliwość zachowania przez kompozyty wytrzymałości aż do temperatury topnienia oraz uzyskania wzrostu wytrzymałości bez równoczesnego zwiększenia podatności na pełzanie.

K. Materiały porowate 183

Klasyczne rodzaje materiałów porowatych (183): ziarniste materiały ogniotrwałe o udziałach objętościowych porów rzędu 0,3–0,4; materiały piankowe i komórkowe o udziałach objętościowych porów do 0,7; zastosowanie porowatych materiałów ceramicznych w konwertorach gazów spalinowych. **Mikroreaktory, wysokotemperaturowe ogniwa paliwowe (185)**: materiały ceramiczne o celowo wykształconych, otwartych porach kanalikowych dla zastosowań w mikrotechnice strumieniowej (mikrofluidyce); mikroreaktory ceramiczne dla przeprowadzania reakcji egzotermicznych w agresywnych cieczach i gazach przy wysokich temperaturach i na granicy zapłonu; wysokotemperaturowe ogniwa paliwowe. **Membrany, filtry, sita molekularne (188)**: zastosowanie materiałów ceramicznych z otwartymi porami kanalikowymi dla rozdzielania lub wydzielania składników aerozoli, zoli i płynów zawierających większe cząstki stałe; odwodnione zeolity jako sita molekularne dla oddzielania lub wydzielania indywidualnych jonów; zastosowanie sit molekularnych i podobnych materiałów jako „sarkofagów” dla odpadów radioaktywnych

L. Materiały z ceramiczną warstwą wierzchnią i cienkie warstwy ceramiczne 192

Materiały ze zgorzeliną lub warstwą pasywującą na powierzchni (193): tlenkowe warstwy ochronne na powierzchni stopów metalicznych zawierających Cr lub Al; pasywujące warstwy SiO₂ na powierzchni stałych związków krzemu. **Warstwy spełniające funkcje optyczne (193)**: zastosowanie warstw dla kontroli reflektancji, absorpcji i transmitancji materiałów w postaci światłowodów, pokryć antyrefleksyjnych, luster i filtów optycznych; wykorzystanie warstw ceramicznych w kolektorach słonecznych i ogniwach słonecznych (ogniwach fotowoltaicznych). **Warstwy nadprzewodzące i izolacyjne (196)**: warstwy nadprzewodników wysokotemperaturowych; cienkie warstwy SiO₂ dla izolacji elektrycznej. **Warstwy ferroelektryków (196)**: Cienkie oraz wzorzyste warstwy ferroelektryków w dynamicznych pamięciach o dostępie bezpośrednim (DRAM), tj. FeRAM; zastosowanie FeRAM w kartach inteligentnych oraz w szybkich urządzeniach telekomunikacyjnych; ferroelektryczne tranzystory polowe, FeFET.

M. Mikro- i nanomateriały jednowymiarowe (1D)	199
Włókna ciągłe (199): budowa i własności ciągłych włókien węglowych, tlenkowych i innych nietlenkowych przeznaczonych dla zbrojenia kompozytów pracujących w wysokiej temperaturze.	
Nanomateriały 1D (201): kropki, druty i wnęki kwantowe tworzone przez półprzewodniki; ich własności optyczne, elektroniczne i mechaniczne oraz potencjalne zastosowania. „Dziurawe”	
włókna szklane (204): klasyczne włókna optyczne działające jako światłowody dzięki całkowitemu odbiciu wewnętrznemu; „dziurawe” włókna szklane działające jak kryształy fotoniczne.	
N. Funkcjonalne materiały ceramiczne dla przetwarzania energii oraz dla układów inteligentnych	206
Inteligentne układy materiałowe (207): możliwość zrewolucjonizowania dziedzin oświetlenia, chłodnictwa i wykorzystania ciepła odpadowego przez zastosowanie funkcjonalnych materiałów ceramicznych; ceramiczne materiały funkcjonalne jako sensory i aktywatory w aktywnych układach inteligentnych naśladujących zachowanie się żywych organizmów; przykłady pasywnych układów inteligentnych. Miniaturyzacja i integracja materiałów w układach inteligentnych i przetwarzających energię (211): wzrost szybkości reakcji sensorów i aktywatorów dzięki miniaturyzacji i integracji; przykłady integracji w układach mikroelektromechanicznych otrzymanywanych przez mikroobróbkę warstw.	
O. Biomateriały ceramiczne	213
Materiały bioaktywne (213): łączące się z tkanką twardą kości czy zębów bez tkanki łącznej materiały o składzie zbliżonym do biogenego hydroksyapatytu wapniowego lub materiały zawierające pierwiastki wchodzące w skład tej biogennej tkanki (bioszkło). Materiały obojętne (214): nieaktywne w organizmie tlenkowe materiały ceramiczne stosowane jako implanty kośćca dzięki dużej odporności na ścieranie.	

CZEŚĆ TRZECIA – Ważniejsze metody otrzymywania materiałów ceramicznych

P. Proszki ceramiczne w makrotechnologiach	219
„Mokra” synteza proszków (220): sposoby syntezy wzorowane na klasycznych metodach ilościowej chemii analitycznej; metoda hydrotermalna. Synteza proszków metodą zol-żel (220): ciąg reakcji prekursorów (np. związków metalorganicznych) obejmujący hydrolizę, polikondensację z powstaniem zolu, koagulację koloidalnych cząsteczek z utworzeniem żelu, i rozkład termiczny do tlenku. Metoda spalania w fazie gazowej i stałej (222). Inne metody syntezy proszków (223): reakcje w fazie gazowej; metoda karbotermiczna. Makrotechnologie oparte na proszkach ceramiczne (224): prasowanie jednoosiowe, prasowanie izostatyczne, odlewanie z mas lejnych, odlewanie folii; metoda odlewania w obecności żelu (gel casting); spiekanie; prasowanie na gorąco; prasowanie na gorąco wspomagane przez prąd tętniący; spiekanie reakcyjne; obróbka końcowa wykorzystująca metody łączenia bezpośredniego i pośredniego jak wiązanie dyfuzyjne, lutowanie twarde i miękkie.	
R. Proszki ceramiczne w mikrotechnologiach	232
Mikrotechnologie wywodzące się z metod szybkiego prototypowania (233): wytłaczanie zawiesin proszków w postaci pasty lub żelu przez dysze, często z wykorzystaniem systemu drukarki atramentowej; drukowanie w złożu sypkiego proszku lepiszcza; odparowanie rozpuszczalnika i eliminacja lepiszcza przez prażenie. Sitodruk (236): otrzymywanie wzorzystych warstw drogą przeciskania past przez otwory w płaskim sicie (tkaniny poliestrowe i nylonowe oraz siatki stalowe); kształtowanie wzoru na podłożu dzięki maskom na sicie wytwarzanym metodą litografii. Współspiekanie folii ceramicznych (236): spiekanie w niskiej temperaturze (850°C) giętkich i pociętych folii ceramicznych złożonych w odpowiednie stosy razem z metalowymi elementami układów elektronicznych, z dodatkiem szkła ułatwiającym spiekanie. Inne metody wytwarzania elementów ceramicznych o niskiej rozdzielczości (238): ciąg operacji dla otrzymywania mikroelementów ceramicznych polegający na wytwarzaniu wzorców form z utwardzonego światłoczułego polimeru lub bezpośrednio form polimerowych metodami mikrolitograficznymi lub mikrosterolitograficznymi; napełnianie form zawiesiną proszku ceramicznego i termoplastycznego lepiszcza o niskiej lepkości; przekształcanie zawiesiny w element	

ceramiczny przez spiekanie; metoda litograficzna wykorzystująca stemple z elastomeru; zastosowanie cienkich warstw kopolimerów blokowych jako form narzucających wykształcenie odpowiednich wzorów.

- S. Wytwarzanie warstw oraz nanokrystalów ceramicznych z prekursorów molekularnych o niskiej masie** 242
- Konwencjonalne metody otrzymywania warstw ceramicznych na podłożach (242):** nanoszenie grubych warstw celem nadania powierzchni materiałów własności właściwych ceramicie drogą plazmowego napyłania proszków, nanoszenia powłok z zawiesin m.in. z wykorzystaniem elektroforezy oraz emaliowania. **Otrzymywanie cienkich warstw z prekursorów o niskiej masie molekularnej (243):** metoda zol-żel; chemiczna (CVD) i fizyczna (PVD) krystalizacja z fazy gazowej; metoda epitaksji z wiązki molekularnej. **Metody otrzymywania nanomateriałów 1D (247):** chemiczna i fizyczna krystalizacja z fazy gazowej; wykorzystanie mechanizmu para-ciecz-kryształ (VLS) dla wzrostu jednowymiarowych nanokrystalów.
- T. Ceramizacja organicznych prekursorów makromolekularnych i tworów przyrody** 250
- Ceramizacja polimerów organicznych (250):** kształtowanie polimerów w cienkie warstwy i próbki rozmaitego kształtu, szczególnie w ciągłe włókna, drogą wyciskania przez dysze przewodzące, sieciowania polimeru dla utworzenia nietopliwego preceramicznego polimeru przestrzennego i przetwarzania polimeru w nieorganiczny materiał ceramiczny w wyniku reakcji pirolitycznych. **Ceramizacja tworów przyrody (251):** przekształcenie tworów przyrody, drogą odpowiednich reakcji chemicznych w ich pseudomorfozy o składzie chemicznym typowym dla materiałów ceramicznych; zachowanie optymalnej hierarchicznej budowy tworów przyrody na wszystkich szczeblach wielkości przy nabyciu korzystnych własności typowych dla materiałów ceramicznych.
- U. Otrzymywanie materiałów z fazy ciekłej** 255
- Otrzymywanie materiałów monokrystalicznych z fazy ciekłej (255):** wytwarzanie monokrystalów znacznych rozmiarów o jednorodnej strukturze krystalicznej drogą krystalizacji z fazy ciekłej; podstawowe pojęcia z zakresu krystalizacji z fazy ciekłej; metody: Czochralskiego, Bridgmana, hydrotermalna i kierunkowe krzepnięcie eutektyk. **Otrzymywanie szkieł nieorganicznych z fazy ciekłej (262):** istotna rola sposobu operowania parametrami chłodzenia ciekłych stopów dla otrzymania nieorganicznych i metalicznych szkieł; wykresy CCT; różnicowanie substancji z punktu widzenia ich tendencji do tworzenia szkieł.
- W. Otrzymywanie materiałów polikrystalicznych drogą krystalizacji szkła** 264
- Ułatwienie krystalizacji szkła (dewitryfikacji) w podwyższonej temperaturze w układach z likwacją oraz dzięki obniżeniu lepkości szkła przez rozbicie ciągłej więzby na mniejsze domeny w obecności jonów modyfikatorów więzby; wytwarzanie odpowiednich kształtek ze szkła i ich następne przekształcanie w dewitryfikat.
- Z. Zakończenie** 268
- Wnioski z przeszłości: udokumentowana rola zaawansowanych materiałów nieorganiczno-niemetalicznych (ceramicznych) sprawia, że wskaźniki rozwoju gospodarczego nie mogą się już ograniczać tylko do poziomu produkcji stali; stan aktualny: dominacja udoskonalania własności materiałów dzięki wyrafinowanym metodom badawczym i technologiom, np. nanotechnologiom; przyszłość: trudno przewidywalna lecz największe prawdopodobieństwo postępu przewidywać można na styku różnych dyscyplin.