

# SEMINARIUM Z NAUKI O MATERIAŁACH

PWSZ 2012/2013

<b>Seminarium</b>	<b>Temat</b>
<b>I</b>	<b>Wprowadzenie do nauki o materiałach, podstawowa klasyfikacja materiałów</b>
<b>II</b>	<b>Struktura krystaliczna i defekty punktowe</b>
<b>III</b>	<b>Defekty struktury krystalicznej (liniowe, płaskie, powierzchnia kryształu)</b>
<b>IV</b>	<b>Krystalizacja i otrzymywanie monokryształów</b>
<b>V</b>	<b>Otrzymywanie i budowa materiałów amorficznych. Materiały szkliste.</b>
<b>VI</b>	<b>Budowa i otrzymywanie polikryształów I</b>
<b>VII</b>	<b>Budowa i otrzymywanie polikryształów II, materiały kompozytowe</b>
<b>VIII</b>	<b>Właściwości mechaniczne I - odkształcenie sprężyste i plastyczne</b>
<b>IX</b>	<b>Właściwości mechaniczne II - dekohezja</b>
<b>X</b>	<b>Właściwości cieplne</b>
<b>XI</b>	<b>Właściwości elektryczne - polaryzacja elektryczna i przewodnictwo elektryczne</b>
<b>XII</b>	<b>Właściwości magnetyczne</b>
<b>XIII</b>	<b>Właściwości optyczne</b>
<b>XIV</b>	<b>Otrzymywanie wyrobów i kształtowanie ich</b>
<b>XV</b>	<b>właściwości - podsumowanie</b>

# **SEMINARIUM I**

## **WPROWADZENIE DO NAUKI O MATERIAŁACH, KLASYFIKACJA MATERIAŁÓW**

### **Tematy:**

1. Czym zajmuje się nauka o materiałach ?
2. Klasyfikacja materiałów inżynierskich (metale i stopy, m. ceramiczne, polimery, kompozyty).
3. Cechy charakterystyczne tworzyw metalicznych (wiązanie metaliczne; struktura typu A1, A2, A3; typowe właściwości; zastosowanie)
4. Cechy charakterystyczne polimerów (rodzaj wiązań chemicznych; struktura; rodzaje polimerów i ich typowe właściwości; zastosowanie).
5. Cechy charakterystyczne tworzyw ceramicznych (rodzaj wiązań chemicznych; typowe właściwości, podział tworzyw ceramicznych).
6. Opis materiałów w różnych skalach (nanoskala - struktura, mikroskala - mikrostruktura, makroskala - cechy makroskopowe).

### **Źródło:**

1. „Nauka o materiałach” J. Lis wykład PWST Tarnów
2. „Chemia ciała stałego” S. Komornicki wykład PWSZ Tarnów

# **SEMINARIUM II**

## **STRUKTURA KRystaliczna I DEFekTY PUNKTOWE**

### **Tematy:**

1. Wiązania chemiczne: *rodzaje wiązań i ich charakterystyka (metaliczne, kowalencyjne, jonowe, van der Waalsa).*
2. Struktura krystaliczna: *komórka elementarna, płaszczyzny i kierunki sieciowe, wskaźniki Millera dla kierunków i płaszczyzn sieciowych (na przykładzie NaCl), elementy symetrii, klasyfikacja układów krystalograficznych, typowe struktury (diament, grafit, chlorek sodu NaCl, perowskit  $\text{CaTiO}_3$ ).*
3. Defekty punktowe struktury krystalicznej: *definicja defektu punktowego, rodzaje defektów punktowych, równowagowe stężenie samoistnych defektów punktowych, defekty punktowe wywołane obecnością obcych atomów, wzajemne oddziaływanie defektów punktowych.*

### **Przykładowe zagadnienia**

1. Na czym polega różnica między siecią przestrzenną a typem struktury krystalicznej ?
2. Wymienić i scharakteryzować 7 układów krystalograficznych i 14 typów sieci przestrzennych (parametry komórek elementarnych).
3. Wyjaśnić jaka konwencja obowiązuje przy określaniu wskaźników Millera dla układu heksagonalnego.
4. Jakie informacje zawiera pojęcie „typ struktury” ? Podać przykłady różnych typów struktur.
5. Dla prymitywnej sieci regularnej narysować płaszczyznę i kierunek o zadanych wartościach wskaźników Millera oraz dla zadanej płaszczyzny i kierunku określić wartość wskaźników Millera.
6. Dlaczego w kryształach zawsze występują samoistne defekty punktowe ?
7. Jakie czynniki wpływają na stężenie samoistnych defektów punktowych ?
8. Jakie dodatkowe efekty wywołuje pojawienie się defektu punktowego w kryształach jonowym.
9. Na czym polega różnica między samoistnym zdefektowaniem punktowym a zdefektowaniem punktowym wywołanym obecnością domieszek ?

### **Źródło informacji: wykład oraz literatura**

1. „Chemia ciała stałego” S. Komornicki wykład PWSZ Tarnów
3. R. Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, str. 14-24 (bez elementów symetrii i typów struktur)
4. Z.Bojarski, M.Gigla, K.Stróż, M.Surowiec „Krystalografia”, PWN, 1996, str. 122-127 (elementy symetrii), 273-292 (typy struktur)
5. Chojnacki „Elementy krystalografii chemicznej i fizycznej” PWN, 1973, str. 79-95 (elementy symetrii), 206-227 (typy struktur)

## **SEMINARIUM III**

### **DEFEKTY STRUKTURY KRYSTALICZNEJ (liniowe, płaskie, powierzchnia kryształu)**

#### **Tematy:**

1. Defekty liniowe struktury krystalicznej: *definicja dyslokacji krawędziowej i śrubowej, wektor Burgersa, pojęcie sieci dyslokacji i gęstości dyslokacji, , pole naprężeń wokół linii dyslokacji, energia dyslokacji, oddziaływania między dyslokacjami.*
2. Defekty płaskie struktury krystalicznej: *niskokątowa granica skośna i niskokątowa granica skręcenia (budowa mozaikowa kryształu), błędy ułożenia warstw atomowych w strukturze regularnej płasko centrowanej i heksagonalnej.*
3. Powierzchnie kryształów: *powierzchnia kryształu jako defekt idealnej struktury krystalicznej, pojęcie energii powierzchniowej i jej związek z liczbą najbliższych sąsiadów atomu lub jonu we wnętrzu i na powierzchni kryształu, zjawiska prowadzące do obniżenia energii powierzchniowej (relaksacja w kryształach o wiązaniach jonowych, adsorpcja gazów na powierzchni).*

#### **Przykładowe zagadnienia**

1. Jaki charakter ma zaburzenie wywołane obecnością dyslokacji w kryształach?
2. Jak wektor Burgersa może być zorientowany w stosunku do linii dyslokacji? Co to jest dyslokacja o charakterze mieszanym?
3. W jaki sposób dyslokacje oddziałują ze sobą? Co się stanie, gdy przetną się ze sobą dwie dyslokacje krawędziowe?
4. Na czym polega oddziaływanie dyslokacji i defektów punktowych?
5. Dyslokacje w kryształach kowalencyjnych i jonowych.
6. Jak zbudowana jest niskokątowa granica skośna?
7. Jak powstaje błąd ułożenia i co to jest dyslokacja częściowa? Jakie zaburzenie w strukturze powoduje obecność błędu ułożenia?
8. Opisz modelową budowę granic międzyziarnowych?
9. Dlaczego powierzchnia kryształu jest traktowana jako defekt struktury krystalicznej?
10. Wyjaśnij pojęcie energii powierzchniowej kryształu.
11. Jakie mechanizmy przebudowy warstw przypowierzchniowych struktury krystalicznej powodują obniżenie energii powierzchniowej kryształu?

#### **Źródło informacji: wykład oraz literatura**

1. „Chemia ciała stałego” S. Komornicki wykład PWSZ Tarnów
3. R.Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, 57-66 (defekty liniowe i płaskie)

## **SEMINARIUM IV**

# **KRYSTALIZACJA I OTRZYMYWANIE KRYSZTAŁÓW**

### **Tematy:**

1. Termodynamiczne podstawy krystalizacji: definicja przemiany fazowej I rodzaju, siła napędowa krystalizacji, mechanizm przemiany I rodzaju - proces zarodkowania (krytyczna wielkość zarodka, zarodkowanie homogeniczne i heterogeniczne).
2. Kinytyka wzrostu kryształów: wpływ zależności szybkości zarodkowania i szybkości wzrostu od przechłodzenia na budowę powstałego kryształu, zależność szybkości wzrostu poszczególnych ścian kryształu od ich budowy, dyslokacyjny mechanizm wzrostu kryształu, wpływ odprowadzania ciepła ze strefy krystalizacji na stabilność frontu krystalizacji (powstawanie dendrytycznych form kryształu),.
3. Przykładowe techniki stosowane do otrzymywania monokryształów:
  - a) Krystalizacja ze stopów: tyglowe (metody: Bridgmana, Czochralskiego, Kyropoluosa) i beztyglowe (metoda Verneuil).
  - b) Krystalizacja z roztworów (metoda hydrotermalna).
  - c) Krystalizacja z fazy gazowej (fizyczna - PVD i chemiczna - CVD).
  - d) Metody ciśnieniowe (otrzymywanie diamentów).
4. Zastosowanie topienia strefowego do otrzymywania kryształów o wysokiej czystości.
5. Przykłady zastosowań monokryształów w technice.

### **Przykładowe zagadnienia**

1. Jakie warunki muszą być spełnione, aby mogła zajść przemiana fazowa I rodzaju?
2. Co jest siłą napędową procesu krystalizacji z cieczy ?
3. Jakie warunki muszą być spełnione, aby powstał trwały zarodek?
4. Na czym polega różnica między zarodkowaniem homogenicznym i heterogenicznym?
5. Dlaczego dla danego przechłodzenia krytyczny zarodek heterogeniczny jest mniejszy od krytycznego zarodka homogenicznego ?
6. Wymień warunki, które należy spełnić aby otrzymać monokryształ.
7. Dlaczego obserwuje się zjawisko polegające na tym, że monokryształy są ograniczone ścianami o najniższej energii ?
8. Jak sposób odprowadzania ciepła ze strefy krystalizacji wpływa na stabilność frontu wzrostu kryształu ?
9. W jaki sposób w metodach krystalizacji z cieczy doprowadza się do wzrostu pojedynczego kryształu ?
10. W jakich warunkach można doprowadzić do przemiany grafitu w diament i jak to jest realizowane w praktyce ?
11. Wyjaśnić teoretyczne podstawy metody topienia strefowego stosowanej do oczyszczania kryształów z domieszek ?

### **Źródło informacji: wykład oraz literatura**

1. „Chemia ciała stałego” S. Komornicki wykład PWSZ Tarnów
2. R. Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, 41-48
3. Zofia Guzik, Jan Obłąkowski „Syntetyczne monokryształy, metody otrzymywania”, Wyd. Śląsk, 1973

## **SEMINARIUM V**

# **OTRZYMYWANIE I BUDOWA MATERIAŁÓW AMORFICZNYCH. MATERIAŁY SZKLISTE.**

### **Tematy:**

1. Definicja materiału amorficznego (uporządkowanie bliskiego i dalekiego zasięgu), definicja szkła.
2. Warunki powstawania szkła: termodynamiczne (temperatura zeszklenia i temperatura transformacji) i kinetyczne (konstrukcja krzywej T-T-T i krytyczna szybkość chłodzenia, przykłady krytycznej szybkości chłodzenia dla stopów krzemianowych i metali).
3. Materiały szkliste i amorficzne.
  - a) substancje szkłotwórcze, metody otrzymywania szkieł,
  - b) szkła ceramiczne (krzemionka, krzemiany i stopy krzemianowe): składniki szkieł krzemianowych (tlenki szkłotwórcze, modyfikujące, pośrednie, barwniki), modele budowy szkieł (Zachariasena - model węźby, Lebiediewa - model krystalitów, Goerlicha - model domen) i rzeczywista budowa szkieł, otrzymywanie i formowanie szkła krzemianowego, podstawowe cechy szkieł krzemianowych,
  - c) szkła metaliczne,
  - d) szkliste polimery organiczne,
  - e) materiały nieorganiczne otrzymywane metodą pyrolizy (otrzymywanie tworzyw węglowych).

### **Przykładowe zagadnienia**

1. Wyjaśnić różnice i podobieństwa krystalicznej i amorficznej budowy ciała stałego.
2. Kiedy mamy do czynienia z substancją amorficzną a kiedy ze szkłem ?
3. Jakie właściwości cieczy i jaki sposób prowadzenia procesu zestalenia sprzyja powstaniu szkła ?
4. Jakie są cechy substancji szkłotwórczych ?
5. Jakie substancje wchodzi w skład szkieł krzemianowych ?
6. Modele budowy szkła.
7. Dlaczego trudniej uzyskać szkła metaliczne niż szkła krzemionkowe ?
8. Na czym polega różnica w budowie krystalicznego i szklistego polimeru organicznego ?
9. Jakie zastosowania mają materiały węglowe ?

### **Źródło informacji: wykład oraz literatura**

1. „Chemia ciała stałego” S. Komornicki wykład PWSZ Tarnów
2. R. Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, 22-24, 48-49
3. J. Dereń, J.Haber, R.Pampuch „Chemia ciała stałego” PWN Warszawa 1975

# **SEMINARIUM VI**

## **OTRZYMYWANIE I BUDOWA POLIKRYSTAŁÓW I**

### **Tematy:**

1. Definicja polikrystału. Elementy budowy polikrystału.
2. Ilościowy opis budowy polikrystału (stereologia, parametry opisujące mikrostrukturę).
3. Budowa polikrystałów jednofazowych: równowagowa konfiguracja granic międzyziarnowych (*model dwuwymiarowy, kąt dwuścienny*), trójwymiarowy model polikrystału (*modelowy kształt ziaren*).
4. Budowa polikrystałów z fazą szklaną: równowaga granic w obecności stopionej fazy szklanej.
5. Metody otrzymywania polikrystałów: krystalizacja ze stopów (techniki odlewania metali, krystalizacja szkła).

### **Przykładowe zagadnienie**

1. Jakie czynniki decydują o mikrostrukturze modelowego polikrystału jednofazowego ?
2. Jak wygląda modelowa mikrostruktura polikrystału jednofazowego w przekroju dwuwymiarowym ?
3. Warunki równowagi dla układu trzech granic międzyziarnowych stykających się w jednym punkcie na modelu dwuwymiarowym.
4. Jakie czynniki decydują o rozmieszczeniu ciekłej fazy szklanej w polikryształach ?
5. W jaki sposób doprowadza się do krystalizacji szkła ?

### **Źródło informacji: wykład oraz literatura**

1. „Chemia ciała stałego” S. Komornicki wykład PWSZ Tarnów
2. R. Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, 74-84
3. J. Dereń, J.Haber, R.Pampuch „Chemia ciała stałego” PWN Warszawa 1975

# **SEMINARIUM VII**

## **OTRZYMYWANIE I BUDOWA POLIKRYSTAŁÓW II**

### **Tematy:**

1. Metody otrzymywania polikryształów: spiekanie jednofazowych proszków (definicja procesu spiekania, siła napędowa spiekania, zjawiska transportu masy wywołane różnicami potencjału chemicznego, modelowy mechanizm spiekania).
2. Wpływ obecności fazy ciekłej na przebieg procesu spiekania.
3. Wykorzystanie reakcji chemicznych do wytwarzania materiałów polikrystalicznych (materiały wiązane reakcyjnie, materiały otrzymywane drogą reakcji hydratacji).
  4. Polikryształy porowate: rodzaje porowatości, sposoby otrzymywania materiałów porowatych, przykłady materiałów o kontrolowanej porowatości.
  5. Polikryształy wielofazowe.

### **Przykładowe zagadnienia**

1. Na czym polega zjawisko spiekania ?
2. Co jest siłą napędową procesu spiekania ?
3. Jakie naprężenia występują podczas spiekania i jakie jest ich źródło ?
4. Wymienić mechanizmy transportu masy, które mogą zostać wywołane przez siły napędowe spiekania ?
5. Które mechanizmy transportu masy prowadzą do zagęszczania materiału podczas spiekania
6. Opisać modelowy mechanizm spiekania jednofazowego proszku.
7. Rola fazy ciekłej podczas spiekania.
8. Wykorzystanie reakcji chemicznych do otrzymywania materiałów polikrystalicznych.
7. Jak otrzymuje się materiały o kontrolowanej porowatości ?

### **Źródło informacji: wykład oraz literatura**

1. J. Lis, R.Pampuch "Spiekanie", AGH, Kraków 2000
3. R. Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, 74-92
4. „Chemia ciała stałego” S. Komornicki wykład PWSZ Tarnów
5. J. Dereń, J.Haber, R.Pampuch „Chemia ciała stałego” PWN Warszawa 1975



## **SEMINARIUM VIII**

### **WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE I - ODKSZTAŁCENIE SPRĘŻYSTE I PLASTYCZNE**

#### **Tematy:**

1. Definicja odkształcenia sprężystego, mechanizm odkształcenia sprężystego (model oddziaływań międzyatomowych - krzywe Codona-Morse'a),
2. Opis stanu odkształceń i naprężeń dla punktu w kryształach i równanie macierzowe, stałe sprężystości  $C_{ij}$  i podatności sprężystej  $S_{ij}$  (definicja, jednostki), ilość niezależnych stałych w zależności od symetrii opisywanego układu,
3. Definicja inżynierskich stałych materiałowych  $E$ ,  $G$  i  $\nu$  (jednostki) oraz ich związek ze stałymi sprężystości  $C_{ij}$  i podatności sprężystej  $S_{ij}$  dla materiałów izotropowych, wzajemna zależność inżynierskich stałych materiałowych, uogólnione prawo Hooke'a, energia odkształceń sprężystych.
4. Moduł Younga  $E$  dla materiałów wielofazowych (reguła mieszanin), wpływ porowatości na wartość modułu Younga materiału (zjawisko koncentracji naprężeń, wzór Rossi'ego).
5. Definicja odkształcenia plastycznego, dyslokacyjny mechanizm odkształcenia plastycznego (systemy poślizgu), procesy zwiększające ilość dyslokacji w kryształach

#### **Przykładowe zagadnienie**

1. Zdefiniować na czym polegają odkształcenia sprężyste ciała stałego.
2. Wyjaśnić zjawisko odkształcenia sprężystego ciał stałych na poziomie oddziaływań międzyatomowych.
3. Przy pomocy jakich stałych materiałowych charakteryzujemy sprężyste właściwości materiałów?
4. Jak należy rozumieć sens uogólnionego prawa Hooke'a?
5. Z jakiego powodu moduł Younga bezporowatego materiału dwufazowego jest zwykle większy niż przewiduje to prawo mieszanin?
6. W jaki sposób obecność porów w materiale wpływa na wartość modułu Younga materiału (wyjaśnić mechanizm zjawiska)?
7. Wyjaśnić dlaczego odkształcenie plastyczne jest realizowane poprzez ruch dyslokacji (poślizg) w kryształach?
8. Omówić mechanizm prowadzący do wzrostu liczby dyslokacji w kryształach.
9. Co może hamować ruch dyslokacji w materiale?
10. Jak obecność naprężeń wpływa na stan zdefektowania kryształu?

#### **Źródło informacji: wykład oraz literatura**

1. R. Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, 99-121
2. M.F. Ashby, D.R.H. Jones „Materiały inżynierskie”, WNT, 1995

# **SEMINARIUM IX**

## **WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE - DEKOHEZJA**

### **Tematy:**

1. Wytrzymałość mechaniczna: relacja pomiędzy wytrzymałością teoretyczną (definicja) a rzeczywistą wytrzymałością mechaniczną (definicja, jednostki), wpływ obecności nieciągłości mikrostruktury materiału (spękań) na wytrzymałość mechaniczną (mechanizm koncentracji naprężeń), statystyczne aspekty wytrzymałości mechanicznej materiałów kruchych (teoria Weibulla), wielkość wytrzymałości mechanicznej przykładowych materiałów.
2. Kruche pękanie: podstawowe trzy sposoby obciążania materiału, warunki sprzyjające kruchemu pękaniu materiałów (płaski stan odkształceń - trójosiowy stan naprężeń), współczynnik intensywności naprężeń (miara odporności na kruche pękanie)  $K_{Ic}$  (definicja, jednostki i sens fizyczny, relacja pomiędzy  $K_{Ic}$  a energią powierzchniową  $\gamma$ ), pojęcie efektywnej energii powierzchniowej  $\gamma_{ef}$  (energii pękania), wartości  $K_{Ic}$  dla poszczególnych grup materiałów.
3. Wpływ mikrostruktury materiału na odporność na kruche pękanie: zjawiska umożliwiające podwyższenie  $K_{Ic}$  materiałów ceramicznych, mechanizm Cooka-Gordona, kompozyty o osnowie włóknistej (mostkowanie pęknięć, wyciąganie włókien), materiały TZP - roztwory stałe na bazie  $ZrO_2$  (przemiana fazowa odmiany tetragonalnej w jednoskośną u wierzchołka spękania)

### **Przykładowe zagadnienia**

1. Wyjaśnić sens pojęcia „wytrzymałość teoretyczna”.
2. Dlaczego wytrzymałość mechaniczna materiałów różni się od ich wytrzymałości teoretycznej?
3. Co to znaczy, że materiał jest kruchy?
4. Sens fizyczny współczynnika intensywności naprężeń  $K_{Ic}$  jako miary odporności na kruche pękanie.
5. Jakie elementy składają się na pojęcie efektywnej energii pękania  $\gamma_{ef}$ ?
6. W jaki sposób można kształtować mikrostrukturę materiałów ceramicznych, aby spowodować podwyższenie odporności na kruche pękanie?
7. Czy możliwy jest materiał o relatywnie niskiej wytrzymałości a wysokiej odporności na kruche pękanie
8. Założenia i wnioski teorii Weibulla.

### **Źródło informacji: wykład oraz literatura**

1. R. Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, 121-131, 134-136
2. M.F. Ashby, D.R.H. Jones „Materiały inżynierskie”, WNT, 1995, tom 1, 149-167; tom 2, 226-236

# SEMINARIUM X

## WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE

### Tematy:

1. Przewodnictwo cieplne:
  - procesy przenoszenia ciepła (konwekcja, promieniowanie, przewodnictwo cieplne)
  - współczynnik przewodnictwa cieplnego  $\lambda$  (definicja, jednostki), przewodność cieplna gazów, przewodność cieplna ciał stałych (fonony, oddziaływania wzajemne fononów, procesy „Umklapp”, oddziaływania fononów z defektami struktury krystaliczne),
  - wpływ porowatości na wartość  $\lambda$  (modele materiałów porowatych).
2. Rozszerzalność cieplna: liniowy współczynnik rozszerzalności cieplnej  $\alpha_l$  (definicja, jednostki), wykres zależności energii potencjalnej pary atomów tworzących wiązanie od odległości międzyatomowej.
3. Naprężenia cieplne:
  - naprężenia cieplne I rodzaju (definicja - przyczyny powstawania), płaski model polikryształu (stan naprężeń), powstawanie mikrospekkań (model ziarna w osnowie),
  - naprężenia cieplne II rodzaju (definicja- przyczyny powstawania), model b. cienkiej płyty (stan naprężeń),
  - naprężenia cieplne w warunkach nieustalonego przepływu ciepła (definicja liczby Biota),
  - współczynniki odporności na naprężenia cieplne:  $R^I$  i  $R^{II}$  (definicja).
    - współczynnik odporności na rozprzestrzenianie pęknięć w warunkach naprężeń cieplnych  $R^{III}$  (definicja).
4. Dyfuzyjne pełzanie polikryształów (pełzanie Nabarro-Herringa, pełzanie Cobla), wpływ mikrostruktury materiału na mechanizm pełzania.

### Przykładowe zagadnienie

1. Jak i dlaczego wartość współczynnika przewodnictwa cieplnego ciał stałych zależy od temperatury?
2. Jak budowa modelu materiału wielofazowego wpływa na wartość współczynnika przewodnictwa cieplnego ?
3. Wyjaśnić różnice wartości  $\alpha$  występujące między kryształami jonowymi i kowalencyjnymi.
4. Jakiego rodzaju naprężenia cieplne mogą wystąpić w polikryształach?
5. Jakie wielkości służą do scharakteryzowania odporności materiału na wstrząs cieplny?
6. Jakie są sposoby podwyższania odporności materiałów na wstrząs cieplny?
4. Definicja zjawiska pełzania i pełzania wysokotemperaturowego
5. Czym różni się pełzanie Nabarro-Herringa od pełzania Cobla?
6. Jak temperatura wpływa na pełzanie materiału?
7. Jak mikrostruktura polikryształu może wpływać na jego pełzanie?

### Źródło informacji: wykład oraz literatura

R. Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, 139-158

# **SEMINARIUM XI**

## **WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNE - POLARYZACJA ELEKTRYCZNA I PRZEWODNICTWO ELEKTRYCZNE**

### **Tematy:**

1. Materiały dielektryczne: *definicja dielektryka, źródła momentów dipolowych w dielektrykach, reakcja dielektryka na działanie statycznego pola elektrycznego, (definicja i rodzaje polaryzowalności  $\alpha$ , względna stała dielektryczna  $\epsilon_r$ , stała dielektryczna materiału  $\epsilon_s$ , lokalne natężenie pola  $E_{loc}$ ).*
2. Materiały ferroelektryczne: *definicja ferroelektryka, ferroelektryczna temperatura Curie, domeny ferroelektryczne, krzywa histerezy  $P = f(E)$ , tytanian baru  $BaTiO_3$  (struktura, odmiany polimorficzne, zależność  $\epsilon_r$  od temperatury).*
3. Przewodnictwo elektryczne: *prawo Ohma, liczby przenoszenia, nośniki ładunku elektrycznego w ciałach stałych, ruch elektronu w strukturze krystalicznej (masa efektywna elektronu), model pasmowy ciała stałego (pasmo walencyjne, pasmo przewodnictwa, izolator, półprzewodnik, poziomy domieszkowe), wpływ obecności defektów punktowych na stężenie nośników ładunku elektrycznego,*
4. Właściwości elektryczne polikryształów: *bariery potencjału na granicach rozdziału, ładunek przestrzenny.*

### **Przykładowe zagadnienia**

1. Jak powstaje ładunek przestrzenny ?
2. Dlaczego stałą dielektryczną przedstawiamy w postaci zespolonej?
3. Co to jest struktura domenowa materiałów ferroelektrycznych?
4. Jak wpływa obecność barier potencjału wiązanych z ładunkiem przestrzennym na transport nośników ładunku ?
5. Co to jest liczba przenoszenia ?
6. Model gazu elektronowego (model Drude'go).
7. Jakiego typu materiałami pod względem wielkości przewodnictwa elektrycznego są tworzywa ceramiczne ?

### **Źródło informacji: wykład oraz literatura**

1. „Chemia ciała stałego” S. Komornicki wykład PWSZ Tarnów
2. R. Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, 159-195

## **SEMINARIUM XII**

# **WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNE MATERIAŁÓW**

### **Tematy:**

1. Działanie pola magnetycznego na materiał: *zachowanie materiałów w polu magnetycznym, rodzaje materiałów magnetycznych (diamagnetyki, paramagnetyki, ferromagnetyki, ferrimagnetyki), podatność magnetyczna  $\chi_m$ , przenikalność magnetyczna  $\mu_r$ .*
2. Przyczyny powstawania nieskompensowanego momentu magnetycznego: *źródła momentów magnetycznych w ciele stałym.*
3. Ferromagnetyki i ferrimagnetyki: *temperatura Curie, zjawisko superwymiany i energia preferencji, domeny magnetyczne, pętla histerezy magnetycznej, ferryty (przykłady materiałów i ich struktura, rodzaje ferrytów- miękkie i twarde, wpływ mikrostruktury ferrytów na ich właściwości).*

### **Przykładowe zagadnienia**

1. Jak obecność materiału może wpływać na wartość indukcji pola magnetycznego ?
2. Co to jest paramagnetyk ?
3. Jak powstają momenty magnetyczne w ciele stałym ?
4. Rodzaje i budowa ferrytów.
5. Mechanizmy oddziaływania momentów magnetycznych w spinelach.
6. Histereza właściwości magnetycznych ferrytów. Od jakich czynników zależy kształt pętli histerezy ?

### **Źródło informacji: wykład oraz literatura**

- R. Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, 201-209

## **SEMINARIUM XIII**

### **WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE MATERIAŁÓW**

#### **Tematy:**

1. Załamanie i odbicie światła: *zjawiska zachodzące przy przechodzeniu fali świetlnej przez materiał (odbicie, załamanie, absorpcja, transmisja), współczynnik załamania światła, całkowite odbicie wewnętrzne, współczynnik absorpcji światła (mechanizm absorpcji fotonów), podział widma promieniowania elektromagnetycznego, mechanizm absorpcji światła, wrażenie barwy, centra barwne (typy).*
2. Fotoprzewodnictwo: *proces rekombinacji i centra rekombinacji.*
3. Luminescencja: *modele zjawiska luminescencji, zasada działania lasera.*

#### **Przykładowe zagadnienia**

1. Jaki jest efekt oddziaływania wiązki światła z materiałem izotropowym ?
2. Za pomocą jakich parametrów charakteryzujemy właściwości optyczne materiałów ?
3. Na czym polega mechanizm absorpcji promieniowania przez materiał ?
4. W jaki sposób powstaje wrażenie barwy ?
5. Jakie są rodzaje centrów barwnych (przykłady)?
6. Na czym polega proces rekombinacji w półprzewodnikach niesamoistnych ?
7. Co to jest laser i jaka jest zasada jego działania ?

#### **Źródło informacji: wykład oraz literatura**

1. „Chemia ciała stałego” S. Komornicki wykład PWSZ Tarnów
2. R. Pampuch „Budowa i właściwości materiałów ceramicznych”, Wydawnictwa AGH, 1995, 210-218