Struktury stopów metalicznych

Stop metaliczny (charakterystyczne cechy)**:**

- połączenie dwóch lub więcej składników,
- spójne makroskopowo jednorodne ciało krystaliczne,
- własności metaliczne (wiązania przynajmniej częściowo metaliczne).

Uzyskiwanie stopów:

- stopienie składników i zmieszanie ich w stanie ciekłym,
- zmieszanie sproszkowanych składników, sprasowanie i spiekanie,
- jednoczesna redukcja jonów różnych pierwiastków na katodzie.

Fazy stopowe krystaliczne:

- różnią się własnościami wynikającymi z odmiennego składu lub struktury.

Obok metali stopy mogą zawierać składniki półmetaliczne (np: Si, Ge, Te) oraz niemetaliczne (np: C, N, P, O, Se).

Stop metaliczny jest także nazywany **roztworem stałym.**

Rodzaj roztworu stałego zależy od parametrów poszczególnych jego składników:

- wielkości atomów,
- struktury krystalicznej,
- powinowactwa elektronowego,
- wartościowości pierwiastków.

Roztwory stałe dzielą się na:

- podstawowe,
- wtórne.

Roztwory stałe podstawowe dzielą się na:

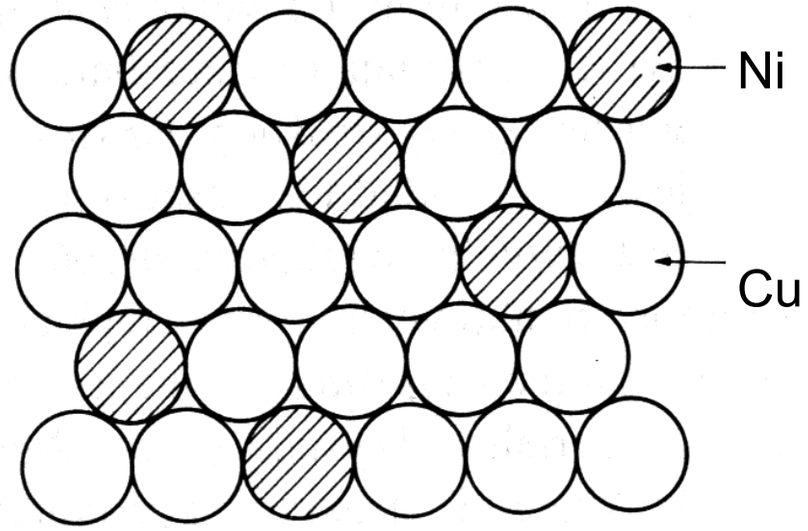
- różnowęzłowe,
- międzywęzłowe.

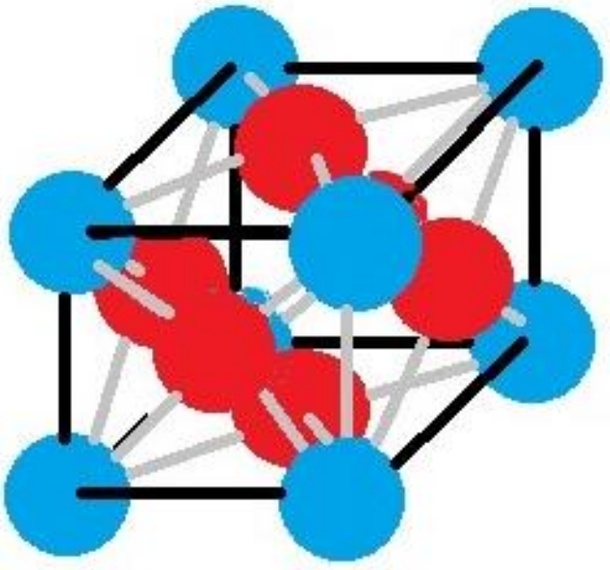
Roztwory stałe wtórne dzielą się na:

- różnowęzłowe,
- międzywęzłowe.

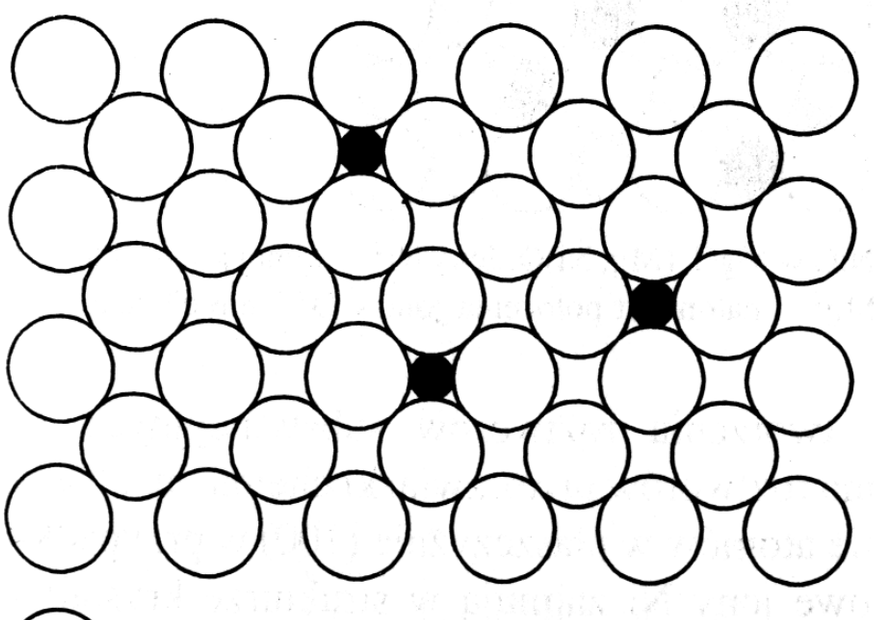
Przykłady roztworów stałych podstawowych

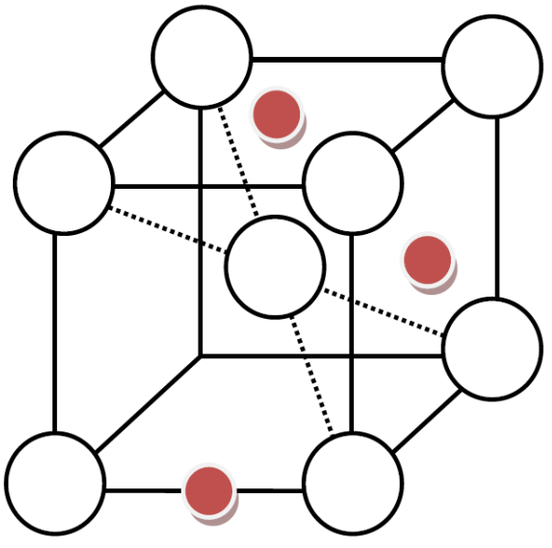
Roztwór stały różnowęzłowy





Roztwór stały międzywęzłowy





Atom składnika podstawowego

Atom składnika rozpuszczonego w położeniu międzywęzłowym

Roztwór stały podstawowy różnowęzłowy:

- atomy różnych pierwiastków w węzłach sieci krystalicznej,
- wszystkie składniki stopu muszą spełniać następujące warunki:
  - zbliżone promienie atomowe (różnice < 15%),
  - taka sama struktura krystaliczna składników,
  - zbliżone wartości powinowactwa elektronowego.

Przykłady dwuskładnikowych stopów podstawowych różnowęzłowych: Au-Cu, Au-Ag, Cu-Ni, Sb-Bi, Mo-W.

Roztwór stały podstawowy międzywęzłowy:

- atomy pierwiastka metalicznego (rozpuszczalnika), np.: Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pd, Ti, V, W; w węzłach sieci krystalicznej,
- atomy pierwiastków o małych średnicach (substancji rozpuszczonej), np.: B, C, H, N; w lukach rozpuszczalnika,
- ograniczona rozpuszczalność (nie więcej niż 1% w sumie wszystkich rozpuszczonych składników w całym roztworze).

Roztwory stałe wtórne

Roztwór stały wtórny różnowęzłowy

Jego struktura różni się od indywidualnych struktur składników.

Przykłady stopów wtórnych różnowęzłowych:

- fazy o gęstym wypełnieniu przestrzeni - $MgCu_2$, $MgZn_2$, $TiCr_2$,
- fazy elektronowe - CuZn, Cu_3Al, FeAl,
- fazy o wiązaniach metaliczno-jonowych lub metaliczno-kowalencyjnych,

Roztwór stały wtórny międzywęzłowy:

Jego struktura różni się od struktury składnika podstawowego (rozpuszczalnika).

Udział składników dodatkowych (*X*) porównywalny z udziałem składnika podstawowego (*M*):

M: Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pd, Ti, V, W. *X*: B, C, H, N.

Stopy wtórne międzywęzłowe dzielą się ze względu na relacje między promieniami atomów składników na:

- fazy międzywęzłowe proste - $r_X/r_M \leq 0{,}59$,
- fazy międzywęzłowe złożone - $r_X/r_M > 0{,}59$.

Defekty struktur krystalicznych

Struktura ciał krystalicznych rzeczywistych jest odległa od idealnej.

Występujące w nich defekty można podzielić na trzy typy::

- punktowe,
- liniowe,
- powierzchniowe (objętościowe).

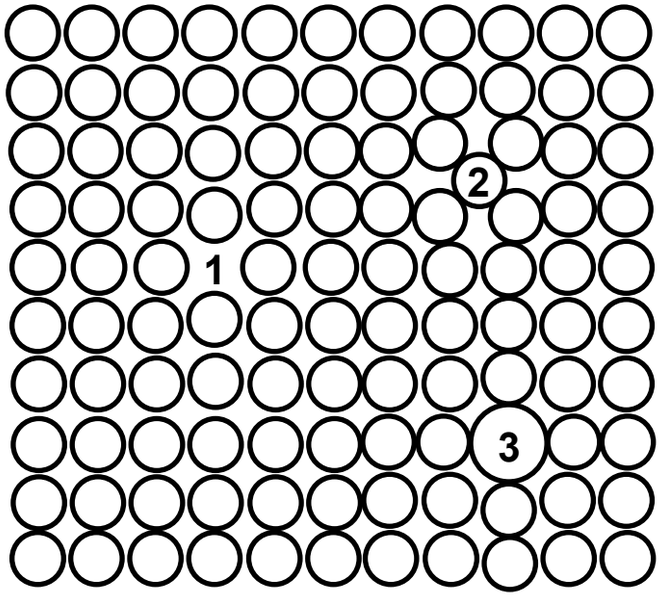
Defekty punktowe

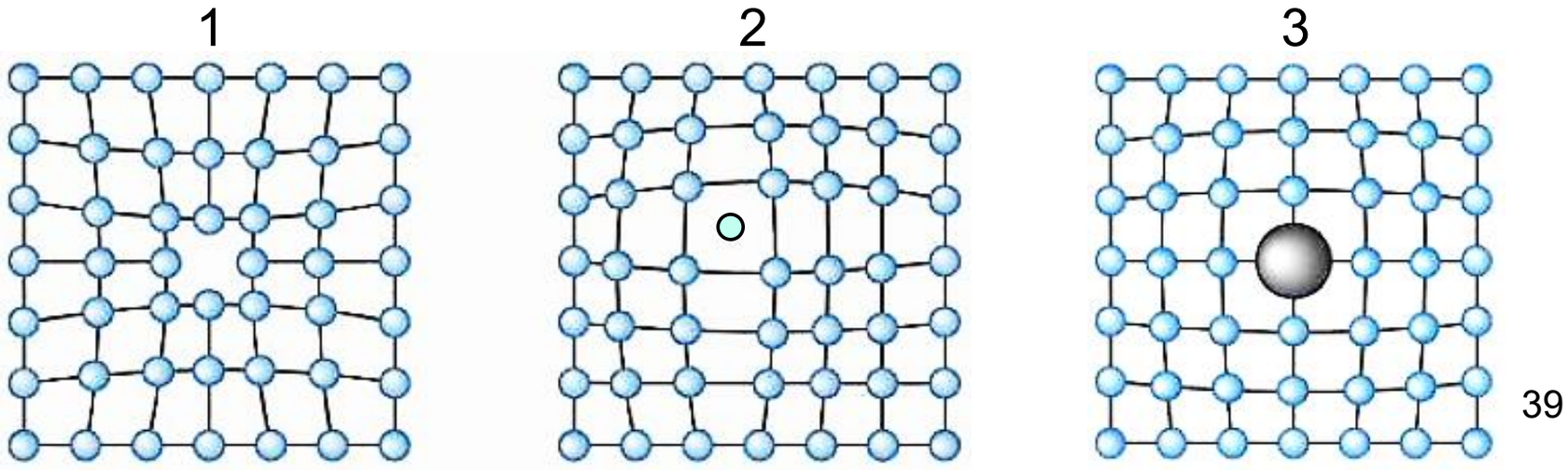
Na rysunkach przedstawiono rodzaje defektów punktowych w ciałach krystalicznych:

1 - wakans,

2 - atom w luce międzywęzłowej,

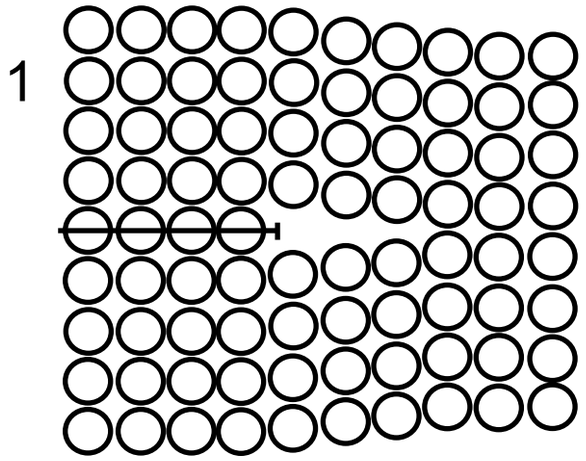
3 - atom domieszki.



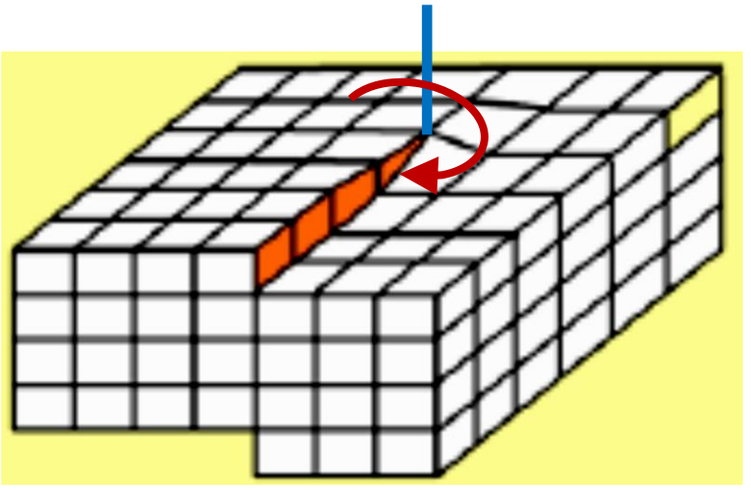


Defekty liniowe

Mogą mieć postać dyslokacji krawędziowej (1) lub śrubowej (2).

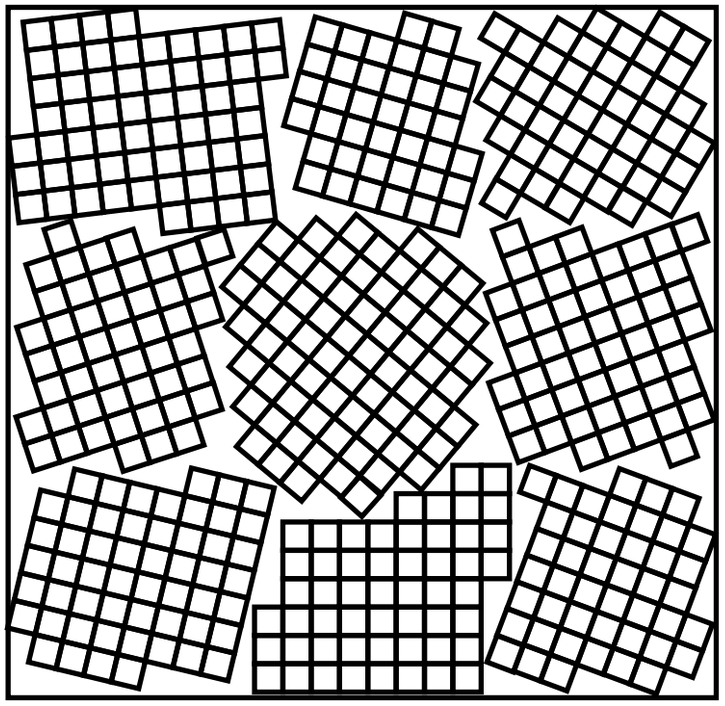


Krawędź dyslokacji jest prostopadła do powierzchni rysunku.



Oś linii śrubowej dyslokacji jest prostopadła do górnej powierzchni bryły.

Defekty powierzchniowe (objętościowe)

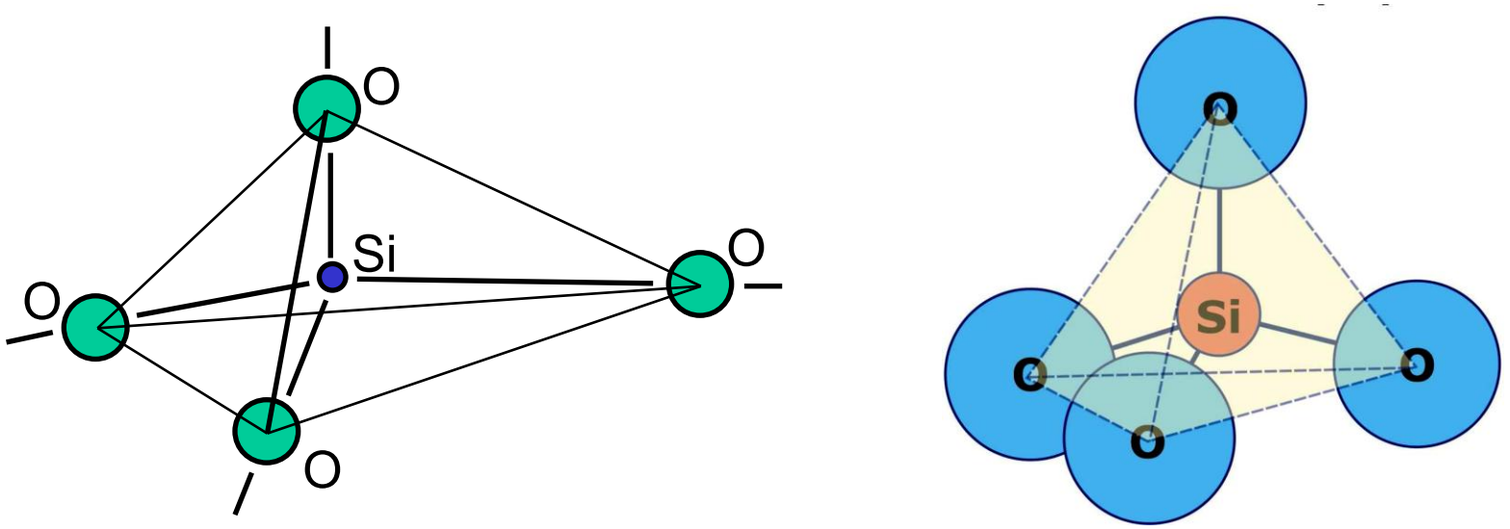


Przykładem defektów powierzchniowych (objętościowych) jest ziarnista budowa kryształów.

Struktury ceramiki i szkieł

Ceramika

W tradycyjnych materiałach ceramicznych stosowanych w elektrotechnice można wyróżnić podstawowe tlenki SiO_2 i Al_2O_3 w postaci tzw. kompleksów anionowych, odpowiednio $(SiO_4)^{4-}$ i $(AlO_4)^{5-}$. W strukturach tych materiałów mogą być także tlenki: K_2O, MgO, BaO.

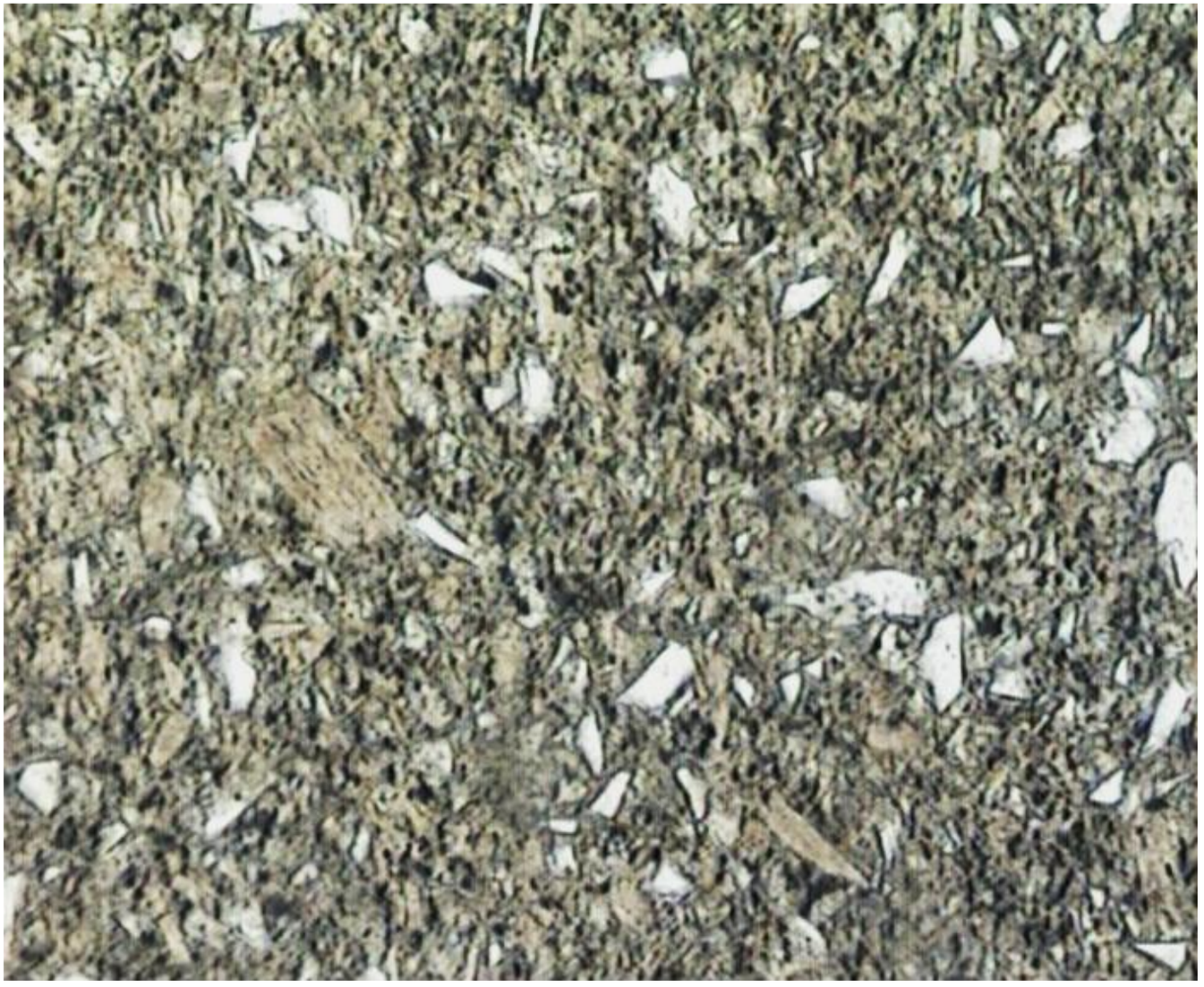


Szkic rozkładu przestrzennego elementów kompleksu $(SiO_4)^{4-}$

Porcelana elektrotechniczna w swoim podstawowym składzie zawiera:

- **kwarc -** tlenek krzemu SiO_2, krystalizujący w układzie heksagonalny lub trygonalnym,

- **mulit** $Al_6Si_2O_{13}$ - krystalizujący w układzie rombowym,
- **silimanit** Al_2SiO_5 - krystalizujący w układzie rombowym, w postaci włóknistych lub igiełkowych skupisk.

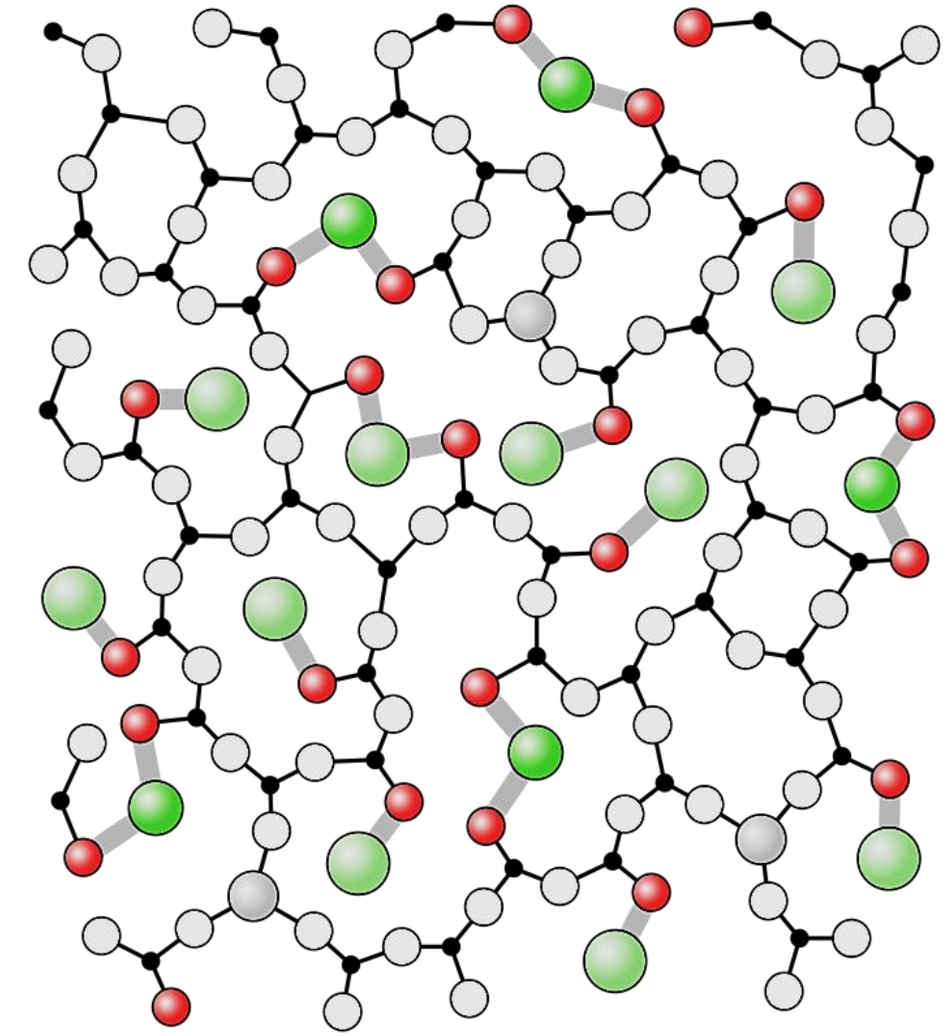


Szlif próbki porcelany elektrotechnicznej - jaśniejsze pola to ziarna kwarcu, brązowo-szare pola to mikrokryształy mulitu i sillimanitu

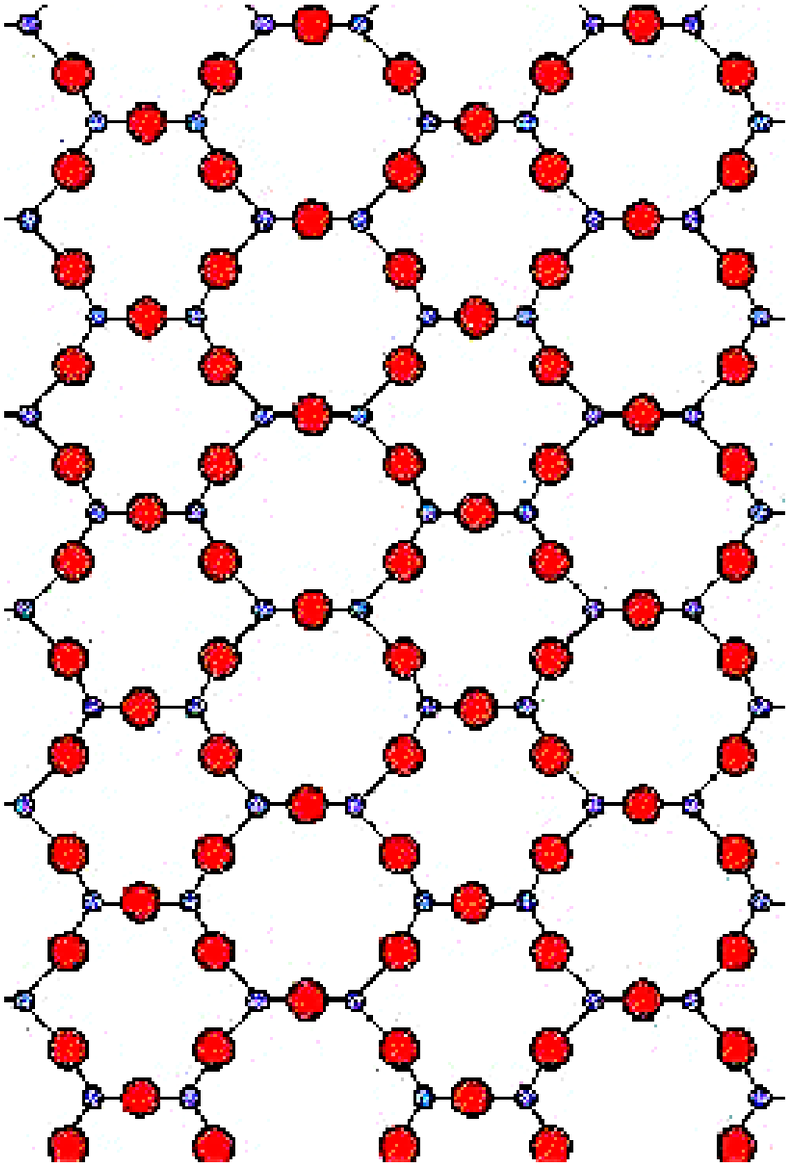
Szkła

W materiałach szklanych stosowanych w elektrotechnice można wyróżnić:

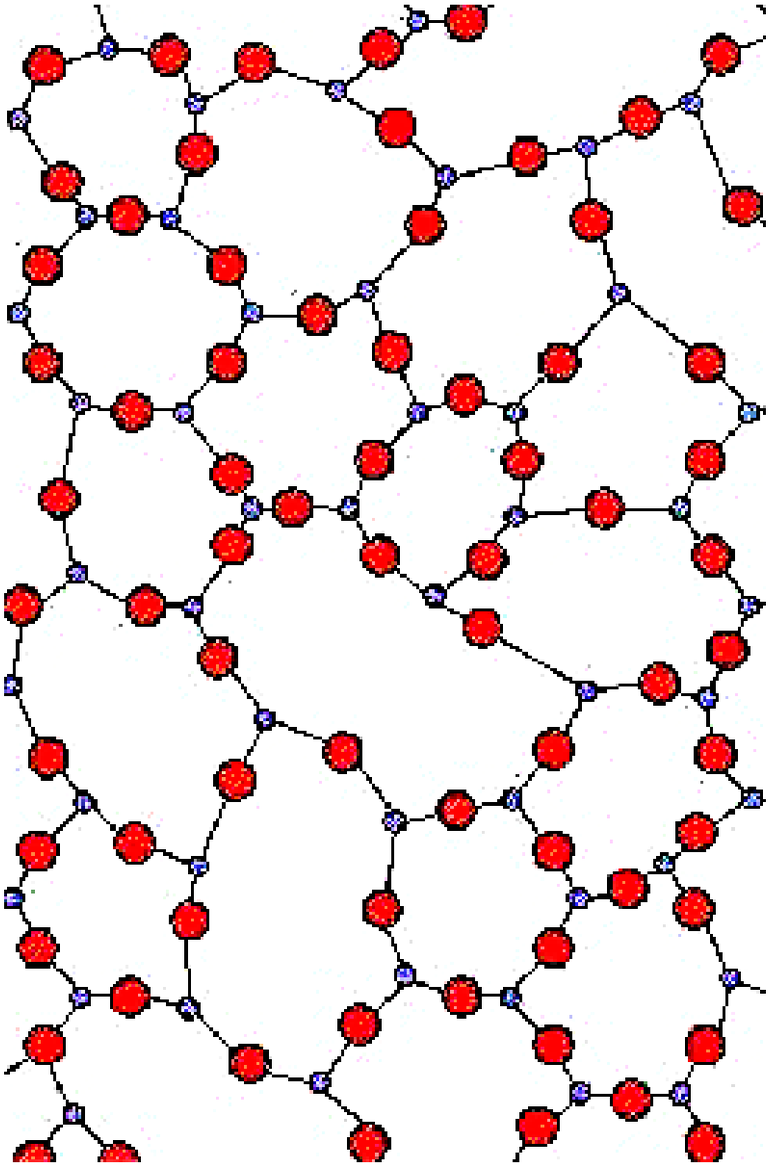
- składniki szkłotwórcze: SiO_2, B_2O_3, GeO_2, Al_2O_3
  kompleksy: $(SiO_4)^{4-}$, $(BO_3)^{3-}$, $(GeO_4)^{4-}$, $(AlO_4)^{5-}$
- składniki modyfikujące: Na_2O, K_2O, PbO, CaO



Szkic struktury szkła sodowo-wapniowego



SiO_2 krystaliczny (kwarc)



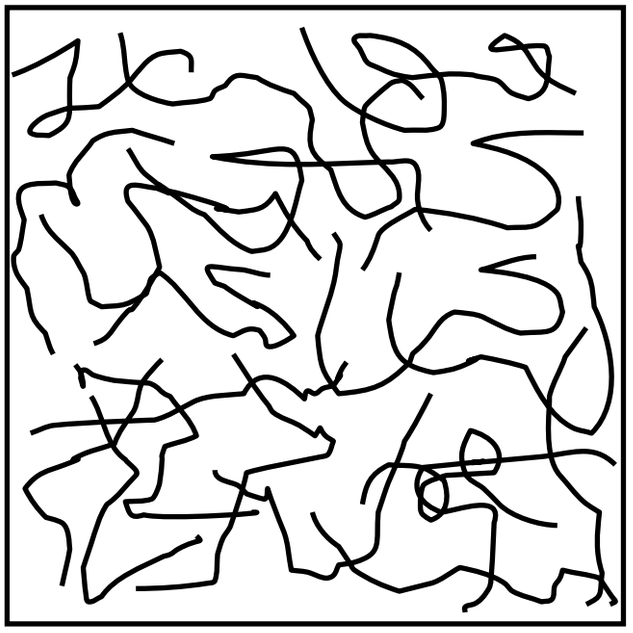
SiO_2 amorficzny (krzemionka)

Szkice typowych struktur dwutlenku krzemu

Struktury materiałów organicznych

Podstawowe własności materiałów organicznych:

- materiały wielkocząsteczkowe,
- stosowanie głównie jako materiały izolacyjne,
- nie wykazują uporządkowania przestrzennego dalekiego zasięgu,
- 100...10000 monomerów w łańcuchu z dołączonymi bocznie atomami wodoru, grupami atomów lub pierścieniami węglowymi.

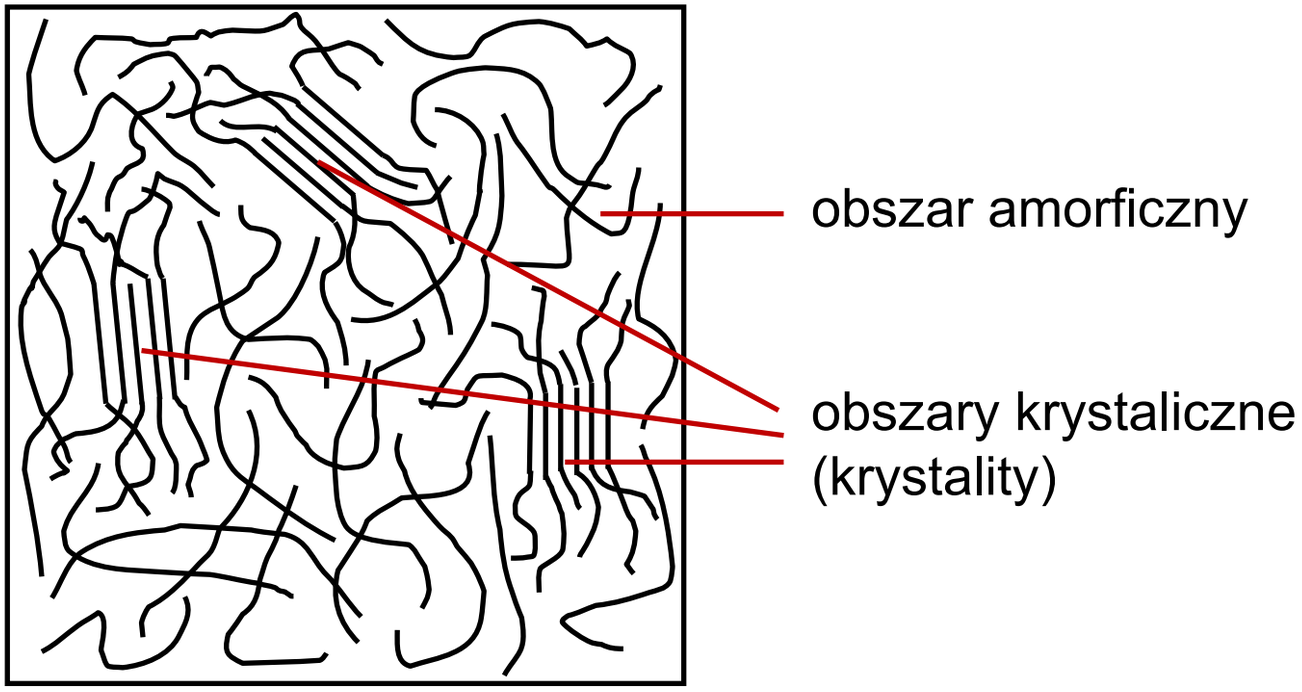


Szkic przekroju próbki polimeru organicznego z zaznaczeniem położenia wybranych makrocząsteczek

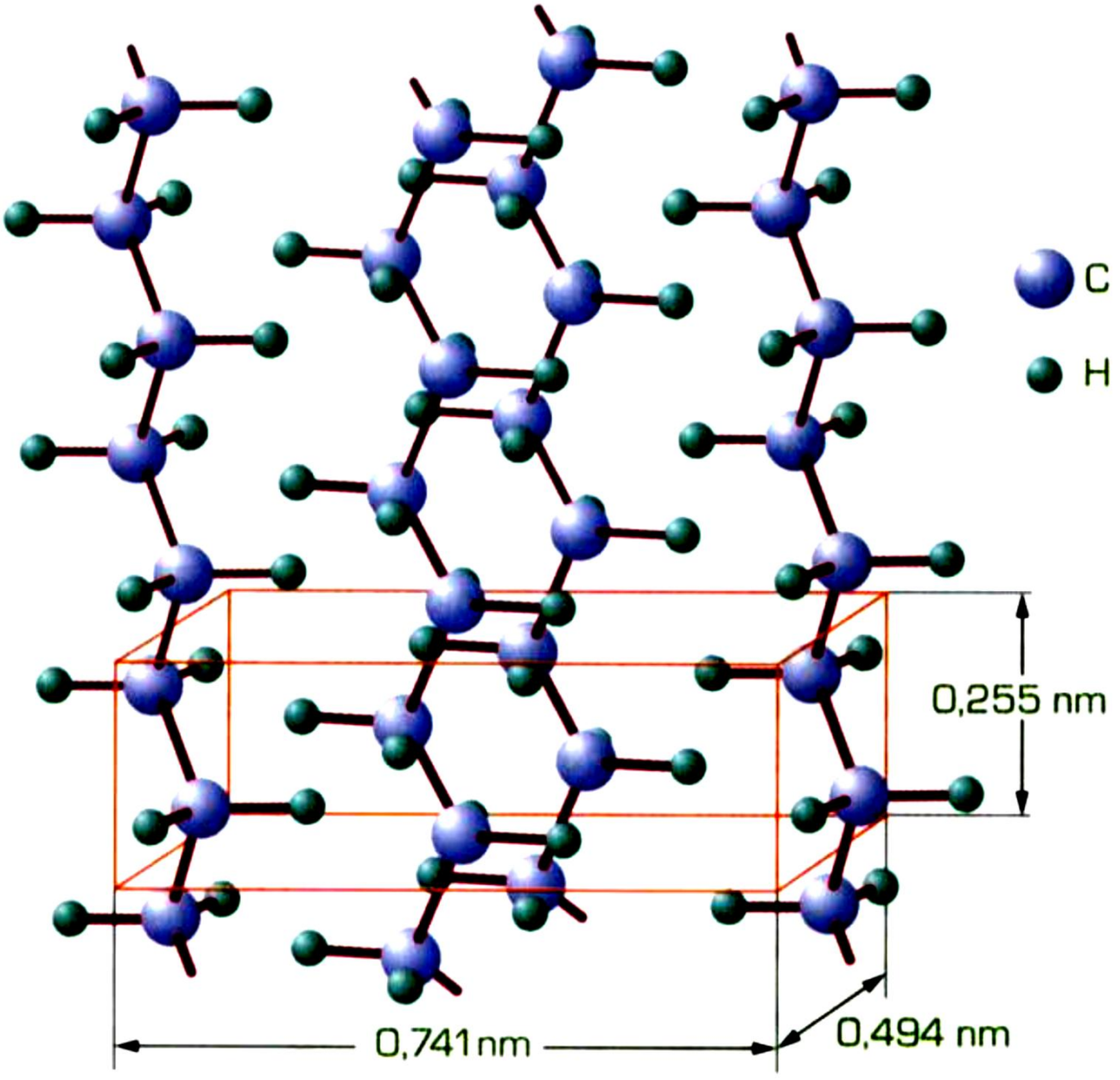
Struktura mikrokrystaliczna

Struktura mikrokrystaliczna może być utworzona w określonych warunkach ciśnienia i temperatury z zastosowaniem specjalnej procedury,

Charakteryzuje się uporządkowanym ułożeniem makro-cząsteczek w małych przestrzeniach wewnątrz materiału.



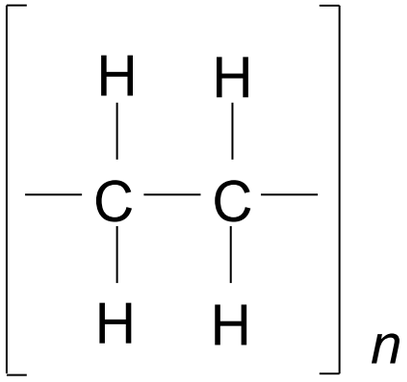
Szkic przekroju próbki polimeru organicznego
z widocznymi obszarami mikrokrystalicznymi

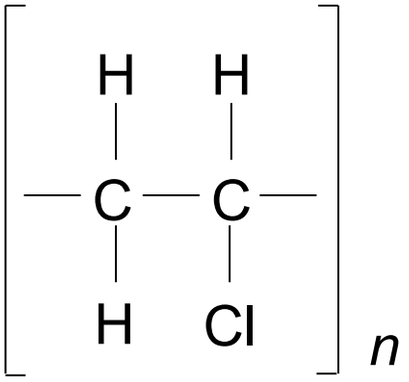


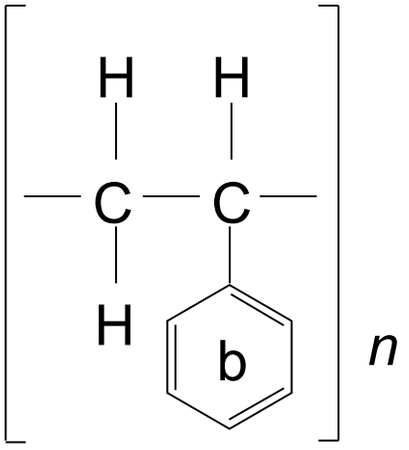
Szkic struktury krystalicznej polietylenu
(wymiary komórki elementarnej)

Własności polimerów organicznych

Wpływ składu i budowy makrocząsteczek na własności polimerów:





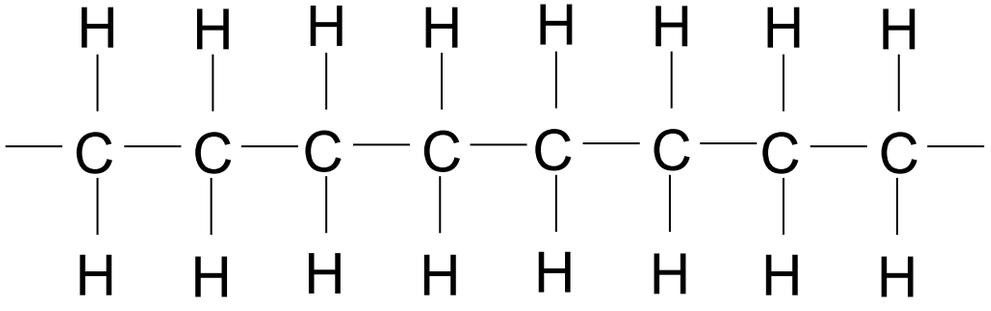


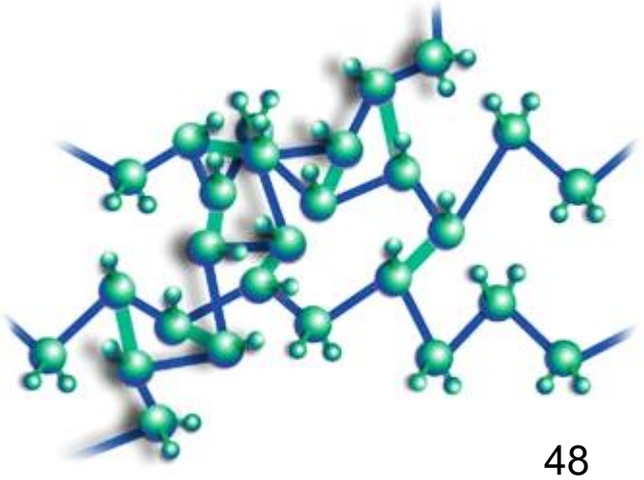
Wzory strukturalne monomerów termoplastów (od lewej): polietylenu, polichlorku winylu i polistyrenu; b - benzen.

Makrocząsteczki składają się z *n* = 100...10000 monomerów.

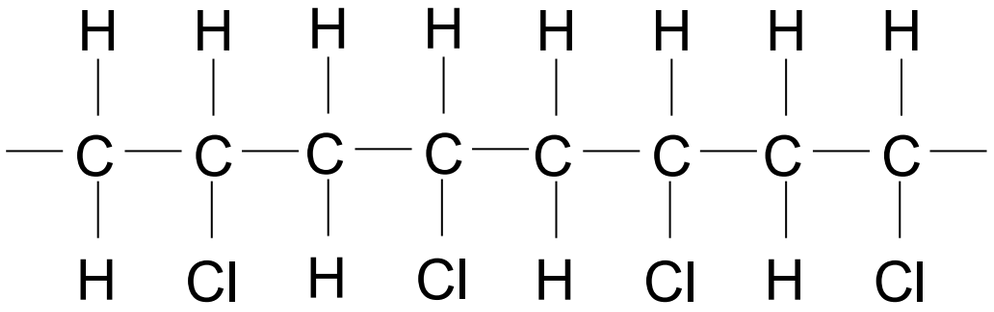
Wiązania między makrocząsteczkami mogą być:

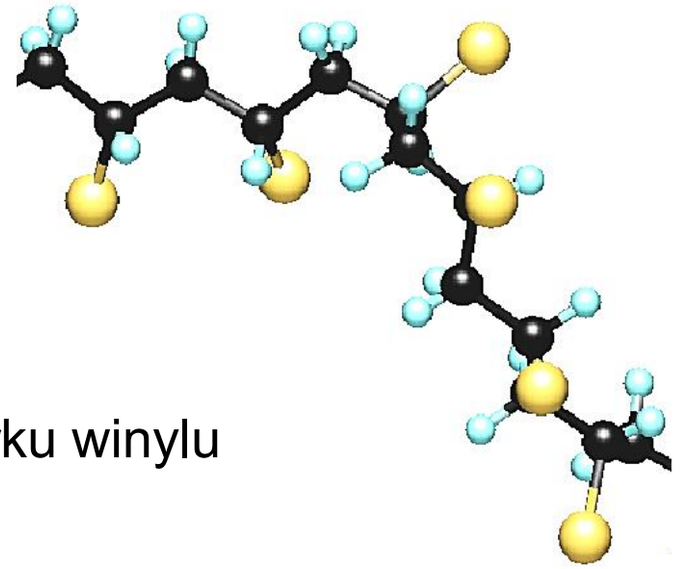
- naturalne (międzycząsteczkowe, słabe),
- wymuszone (międzyatomowe, silne) skutkujące usieciowaniem polimeru.



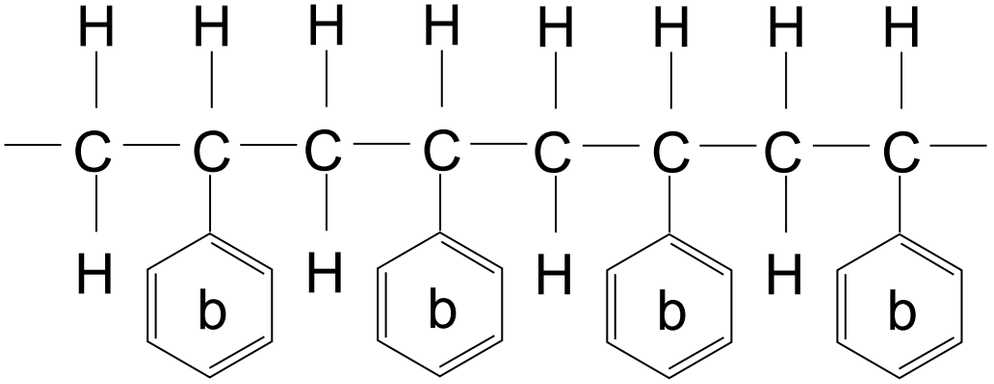


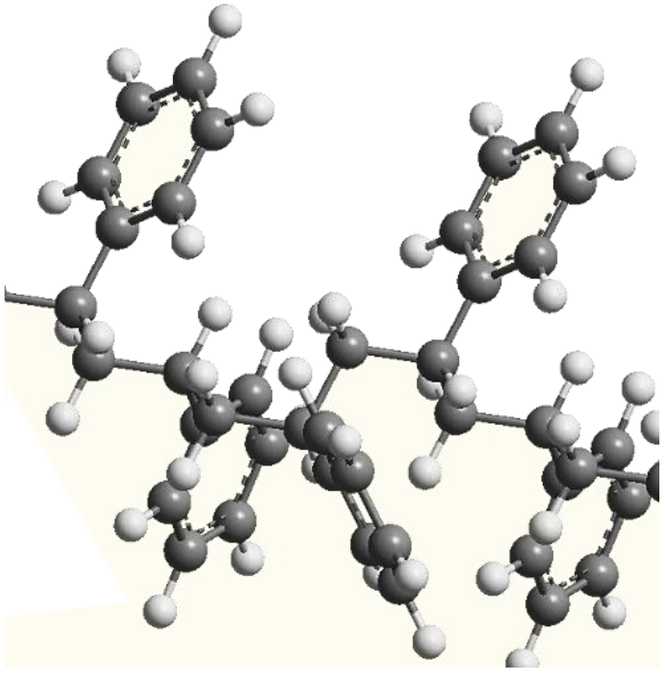
Model makrocząsteczki polietylenu





Model makrocząsteczki polichlorku winylu



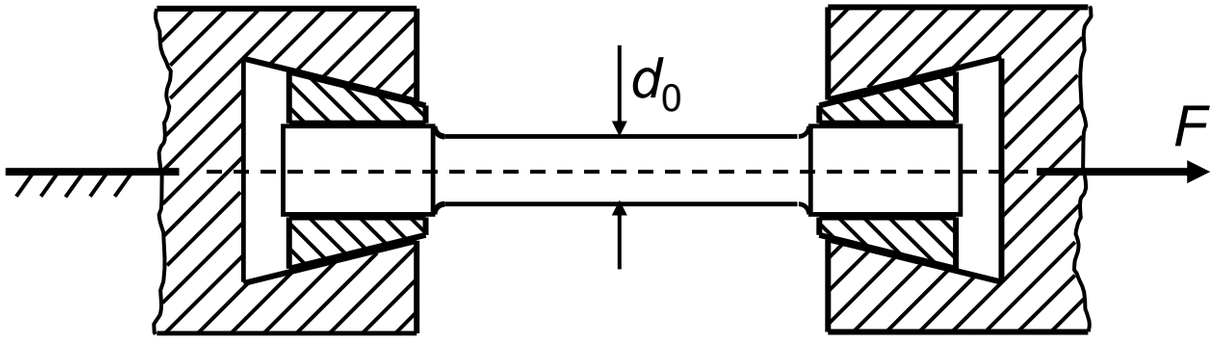


Model makrocząsteczki polistyrenu

Własności mechaniczne materiałów

Materiały elektrotechniczne, obok charakterystycznych dla nich funkcji, pełnią także funkcje konstrukcyjne, co oznacza, że powinny mieć określoną wytrzymałość na naprężenia mechaniczne, które najczęściej są skutkiem obciążeń rozciągających, ściskających i zginających.

Wytrzymałość na rozciąganie



Zamocowanie próbki do badania wytrzymałości na rozciąganie

Wytrzymałości na rozciąganie R_m [MN/m^2]:

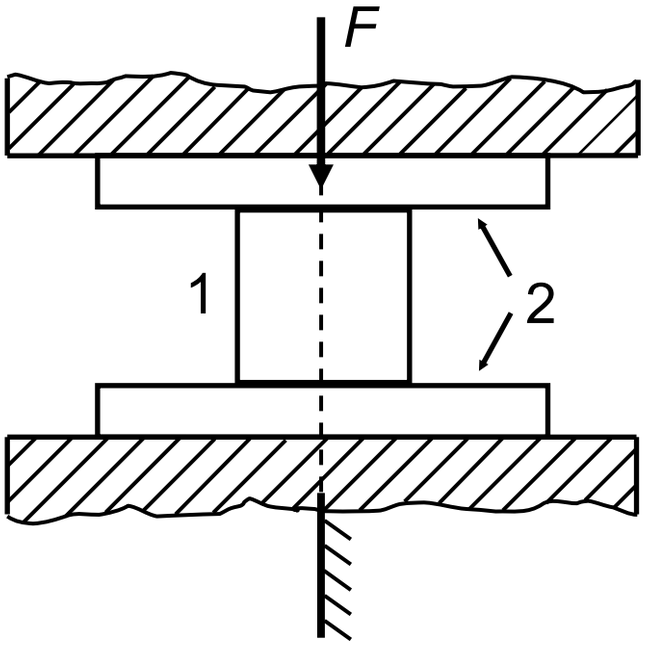
$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \qquad S_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4}$$

F_m – największa wartość siły przed zerwaniem próbki,

S_0 – powierzchnia pierwotnego przekroju poprzecznego próbki,

d_0 – średnica odcinka pomiarowego próbki.

Wytrzymałość na ściskanie



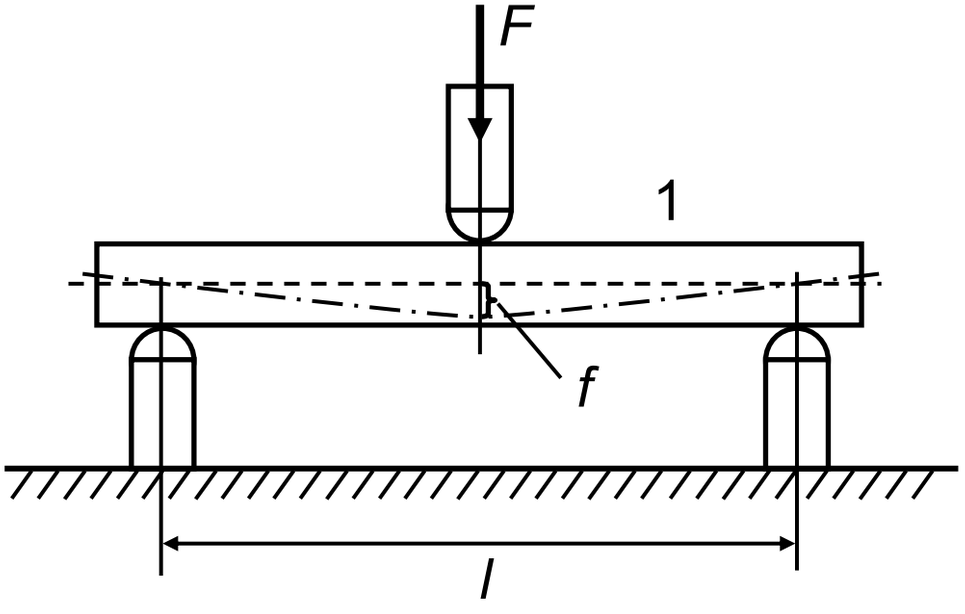
Zamocowanie próbki do badania wytrzymałości na ściskanie:
1 - próbka, 2 - samonastawne płytki prasy

Wytrzymałości na ściskanie R_s [MN/m^2]:

$$R_s = \frac{F_{sm}}{S_0}$$

F_{sm} - największa zarejestrowana wartość siły ściskającej,
S_0 - początkową wartość powierzchni przekroju poprzecznego próbki.

Wytrzymałość na zginanie



Zamocowanie próbki do badania wytrzymałości na zginanie:
1 - próbka,
F - siła zginająca,
f - strzałka ugięcia,
l - odległość między punktami podparcia

Wytrzymałości na zginanie R_g [MN/m^2]:

$$R_g = \frac{M_m}{W} \qquad M_m = \frac{1}{4} F_m \cdot l$$

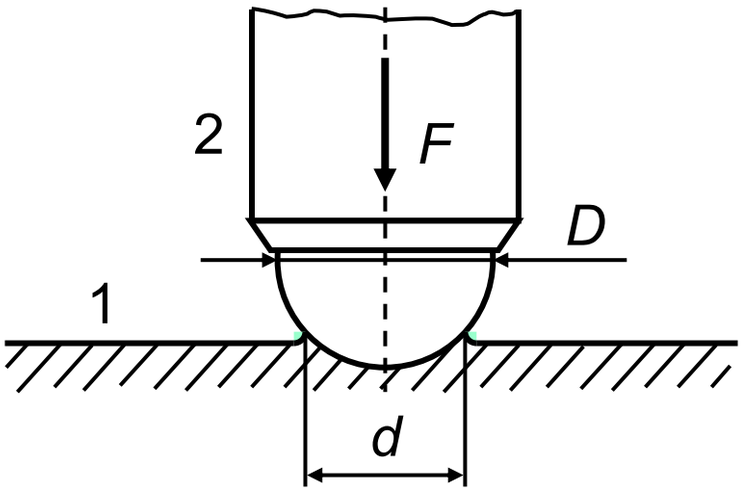
M_m - maksymalny moment gnący,

F_m - maksymalna zarejestrowana siła gnąca,

W - wskaźnik przekroju próbki walcowej o średnicy d:

$$W \cong 0{,}1 \cdot d^3$$

Twardość materiałów



Badanie twardości metodą Brinnella:

1 - próbka,

2 - wgłębnik.

Twardość w metodzie Brinella *HB*:

$$HB = \frac{2F}{\pi \cdot D\left[D - \sqrt{D^2 - d^2}\right]}$$

D - średnica wgłębnika,

d - średnica wgłębienia.

Własności cieplne materiałów

Rozszerzalność cieplna

Współczynnik względnej rozszerzalności liniowej α_L:

$$\alpha_L = \frac{1}{l_0}\left(\frac{\Delta l}{\Delta T}\right)_p$$

Współczynnik względnej rozszerzalności objętościowej β:

$$\beta = \frac{1}{V_0}\left(\frac{\Delta V}{\Delta T}\right)_p$$

l_0 - początkowa długość próbki w temperaturze 0°C,

V_0 - początkowa objętość próbki w temperaturze 0°C,

Δl - zmiana długości próbki,

ΔV - zmiana objętości próbki,

ΔT - zmiana temperatury próbki,

p - określone stałe ciśnienie.

Przewodność cieplna

Ilość ciepła Q przepływająca w jednostce czasu przez próbkę:

$$Q = \lambda \cdot S \frac{\Delta T}{l} \qquad [\mathrm{J \cdot s^{-1}}]$$

λ - współczynnik przewodności cieplnej materiału próbki 1 $[\mathrm{J \cdot K^{-1} \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}}]$,

S - przekrój poprzeczny próbki,

ΔT - różnica temperatur miedzy końcami próbki,

l - długość próbki.