

問1. シリコンは、図1に示すようにダイヤモンド構造であり、その格子定数は $a = 0.543 \text{ nm}$ である。SiO₂ 多形の一つである β -クリストバライトの構造は図2の通りであり、その格子定数は $a = 0.717 \text{ nm}$ である。立方晶 β -SiC は閃亜鉛鉱型構造であり、その格子定数は $a = 0.436 \text{ nm}$ である。以下の間に答えよ。

- 1) シリコンの(110)面および β -SiC の(110)と(111)面の原子配列を描け。
- 2) Si の共有結合半径, Si-C 結合の長さ, C の共有結合半径, および Si-O 結合の長さを求めよ。
- 3) β -SiC の密度を求めよ。ただし, Si の原子量を 28.1, C の原子量を 12.0, アボガドロ定数を $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。
- 4) 共有結合性の無機固体は, 一般的にイオン結合性の無機固体より密度が低い。その理由を説明せよ。
- 5) イオン結合の観点から, SiO₂ 構造では 2 つの SiO₄ 四面体が一つの頂点を共有している理由を説明せよ。

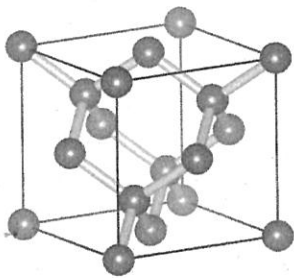


図1 シリコンの結晶構造

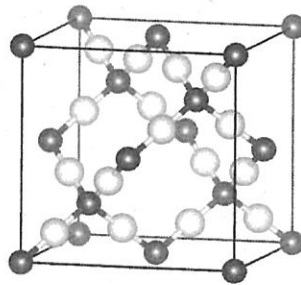


図2 β -クリストバライトの結晶構造(●はSi, ○はO)

問2. イオン結晶 NaCl, MgO, CaO, NiO は岩塩型構造である。以下の問に答えよ。

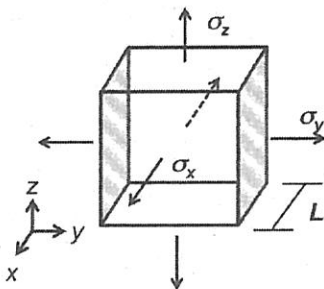
- 1) 岩塩型構造における陰イオンの配列および陽イオンの占める位置を説明せよ。
- 2) NaCl 中のショットキー欠陥を説明せよ。
- 3) NaCl のイオン伝導性の温度依存性を説明せよ。
- 4) NaCl の不純物欠陥とショットキー欠陥は、NaCl のイオン伝導性にどのような影響を与えるか説明せよ。
- 5) MgO と NiO は全率固溶体を形成するのに対して、MgO と CaO では限られた範囲内では固溶体を形成しない。その理由を説明せよ。
- 6) MgO と NiO は全率固溶体を形成する。NiO の融点は約 2000°C, MgO の融点は約 2800°C である。NiO と MgO の状態図の概略を描け。

問3. セラミックスの機械的性質に関して、以下の問に答えよ。

- 1) セラミックスの機械的特性を、「塑性変形」、「弾性変形」、「脆性破壊」という単語をすべて用いて説明せよ。

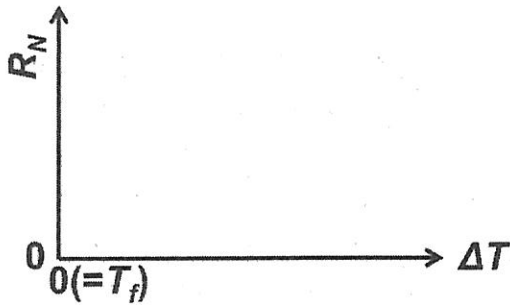
- 2) セラミックス材料では、表面に亀裂（キズ）が存在すると、その破壊強度は極端に低下する。その理由を説明せよ。

- 3) 図に示すような一辺の長さが L の立方体がある。この立方体は均質な等方性弾性体であり、面直な3軸に沿って引張応力 σ ($= \sigma_x = \sigma_y = \sigma_z$) を面全体に均等に印加すると弾性変形し、各辺が δ だけ増長した。この弾性体の体積弾性率 K とヤング率 E の関係が $K = E / \{3(1 - 2\nu)\}$ で表されることを証明せよ。ここで、 ν はポアソン比である。なお、 $\delta^2 = 0$, $\delta^3 = 0$ としてよい。



問4. 以下の問に答えよ。

- 1) 液相を凝固点(T_f)以下に冷却することで固相核を形成する。核生成速度(R_N)の過冷却度(ΔT)依存性のグラフを描き、なぜそのような関係になるのか説明せよ。ただし、 T_f 以下の任意の温度 T は、 $T = T_f - \Delta T$ ($\Delta T \geq 0$)で表される。



- 2) 次の文章の空欄に適切な語句を記入せよ。

チタン酸バリウム(BaTiO_3)は室温で(あ)方晶ペロブスカイト型構造を持つ。この結晶構造中で Ti^{4+} は TiO_6 八面体の中心からわずかにずれた位置に存在するため(い)分極を生じる。従って、 BaTiO_3 は(う)誘電体としてふるまう。一方、加熱するとある温度以上で結晶構造が(え)方晶に相転移し、(い)分極がなくなるため、(お)誘電体となる。また、この(い)分極が消失する温度を(か)温度という。

(あ)		(え)	
(い)		(お)	
(う)		(か)	

- 3) BaTiO_3 に La_2O_3 をドーピングすると n 型半導体となる。Kröger-Vink 格子欠陥表記法に従って欠陥生成反応式を書き、 n 型半導体になる理由を説明せよ。ただし、全ての La^{3+} は Ba^{2+} サイトに置換固溶する。

欠陥生成反応式： $\text{La}_2\text{O}_3 \rightarrow$

理由：