

令和4年度長崎大学大学院工学研究科

博士前期課程 総合工学専攻一般入試

海洋未来科学コース（化学・物質工学系） 専門科目 B

無機材料学

この分野の問題を選択する場合は左の枠内に○を付け、選択しない場合は×を付けること。

受験番号 _____

※用紙の2枚目以降には決して受験番号を記入しないこと。

この線の下には受験者は何も記入しないこと。

整理番号 _____

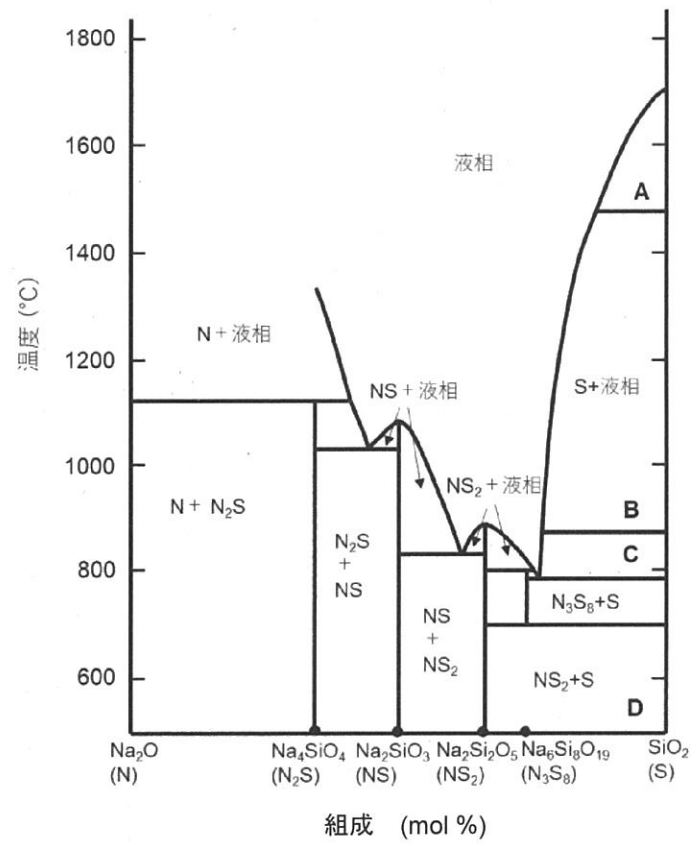
問1. 以下の問に答えよ。ただし、結晶中の欠陥は Kröger-Vink の表記法に従うこと。

- (1) MO で表記される金属酸化物について、ショットキー欠陥とフレンケル欠陥（陽イオンフレンケル欠陥）の欠陥生成反応式を示せ。
- (2) 金属不足酸化物 $M_{1-y}O$ が p 型半導性，すなわちホール伝導性を示す理由を，欠陥生成反応式を用いて示せ。
- (3) 真性半導体，n 型半導体と p 型半導体のバンド構造を，バンドの種類（名称）や電子のエネルギー状態を表す用語等を用いて，その違いがわかるように明記して図示せよ。
- (4) 金属と n 型半導体が接触してオーミック接触となる場合，接触前後の両物質のバンド構造の変化を図示せよ。なお，バンドの種類（名称）や電子のエネルギー状態を表す用語も記せ。

問1の解答欄(解答欄が不足する場合は，その旨，おもて面に明記して，同一用紙の裏面に解答すること。)

問 2. 右図は $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 二成分系相図である。以下の問に答えよ。

- (1) 純粋な SiO_2 の融点は約何 $^{\circ}\text{C}$ であるか。
- (2) 純粋な SiO_2 には β -石英, β -クリストバライト, α -石英, β -トリジマイトなどの結晶相がある。図の領域 A, B, C, D には, それぞれ上述した SiO_2 結晶相のうち, どれが存在するか。
- (3) 実際の SiO_2 製造条件下では, SiO_2 は結晶相よりも, ガラス相が得られやすい。 SiO_2 がガラス相になりやすい理由を説明せよ。
- (4) この相図はガラスの製造にどのように役立つかを説明せよ。
- (5) $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ ガラスは水への溶解性が高いため, 窓ガラスに使うには耐水性の問題がある。 $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ にどのような成分を添加すれば耐水性が向上するか。



問 2 の解答欄 (解答欄が不足する場合は, その旨, おもて面に明記して, 同一用紙の裏面に解答すること。)

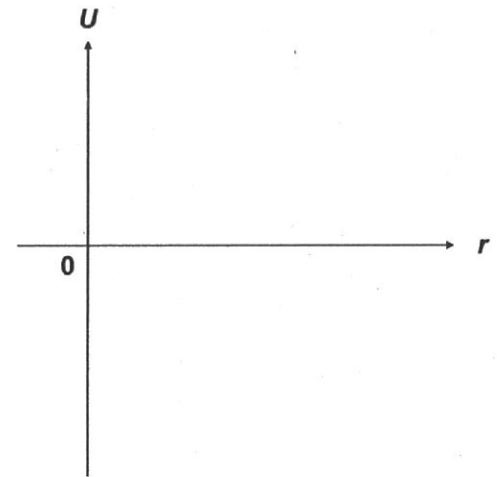
問3. 以下の問に答えよ。

(1) 焼結の定義を次の単語「粒子系」および「表面エネルギー」を用いて説明せよ。

(2) イオン結晶の静電ポテンシャルエネルギー U は陽イオンと陰イオンとの間に作用する2つの力である引力項と斥力項の和で表される。

$$U = -\frac{|Z_+Z_-|MN_Ae^2}{r} + Be^{-r/\rho}$$

Z_+, Z_- はそれぞれ陽イオンと陰イオンの価数, M はマーデルング定数, N_A はアボガドロ定数, e は電荷素量, r はイオン間距離, B と ρ は定数である。イオン間の相対的位置関係が変わらない平衡イオン間距離を R_0 とするとき, $r = R_0$ におけるポテンシャルエネルギー U_0 を $Z_+, Z_-, M, N_A, e, R_0, \rho$ の関数として表わせ。また, イオン間距離 r とポテンシャルエネルギー U の関係を示す曲線をグラフに記せ。なお, グラフには R_0 の位置を示すこと。



(3) 同じ物質について, 直径 r [m]の球状粒子の1 molあたりの表面自由エネルギー ΔG_1 と直径 $r/3$ [m]の球状粒子の1 molあたりの表面自由エネルギー ΔG_2 の差($\Delta G_1 - \Delta G_2$)を r を用いて表わせ。ただし, この物質の表面張力を 0.80 N/m , 式量を 118 g/mol , 密度を 4.0 g/cm^3 とする。

(4) セラミックスの実際の強度が理論強度と比較して大幅に低い理由を説明せよ。