

受検番号	
------	--

令和3年度(後期)  
専攻科入学者選抜学力検査問題  
物質工学専攻  
専門(材料工学系)

総 得 点	

出題5問中、4問を選択し解答すること。  
なお、選択した問題4問の番号を下の□に記入すること。

選択した4問の番号				
得 点 欄	※	※	※	※

※印欄は、記入しないでください。

(注 意)

- 1 検査問題用紙は指示のあるまで開かないこと。
- 2 検査問題用紙は 1 ページから 5 ページまでである。  
検査開始の合図のあとで確かめること。
- 3 定規、コンパス、物差し、分度器および計算機は用いないこと。
- 4 受検番号は検査問題表紙及び全ての検査問題用紙に記入すること。

久留米工業高等専門学校

受検番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

問題1. 図1はM(Ⅲ族元素, ○印) およびX(V族元素, ●印) からなる化合物半導体(格子定数  $a = 0.50 \text{ nm}$ ) の単位格子を示している。以下の各設問に答えよ。解答に際し、原子座標は図の原点Oとしたデカルト座標系、数値は以下を利用すること。

$\sqrt{2} = 1.4, \sqrt{3} = 1.7, \sqrt{5} = 2.2, \pi = 3.14$  (25点)

- (1) 図1において、X原子位置はM原子の並進として表すことができる。並進ベクトルを  $\vec{r}$  とするとき、 $\vec{r}$  を  $a$  を使った行ベクトルで表せ。解答に用いた算術式は必ず以下に示せ。

(算術式)

得	点

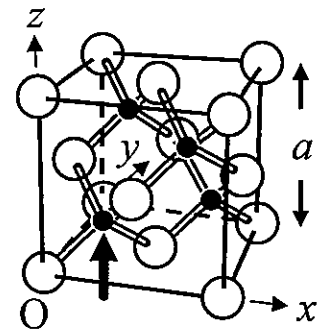


図1 化合物半導体の単位格子

解答欄

$\vec{r} =$

- (2) M-X原子間距離を計算により求めよ。解答に用いた算術式は必ず以下に示せ。

(算術式)

解答欄

nm
----

- (3) 図1の太矢印で示すX原子位置をVI族元素の原子で置換し、不純物添加の化合物半導体を作製した。この不純物半導体のタイプ(型)を示すとともに、キャリア密度を計算にて求めよ。解答に用いた算術式は必ず以下に示せ。

(算術式)

解答欄

タイプ(型)	キャリア密度
	$\text{m}^{-3}$

得	点

問題2. 次の問いに答えよ。(25点)

(1) セラミックスに関する以下の文章について、括弧内に適切な語句または化学式を記入せよ。

地殻を構成する元素の存在度 (mass%) を表す「(ア)」のトップ 10 は、酸素、ケイ素 (Si)、アルミニウム (Al)、鉄、カルシウム、ナトリウム、カリウム、マグネシウム、水素、チタンである。このことから我々の生存する環境は、金属の(イ)と(ウ)から構成されていることがわかる。これらを主成分とする物質の中で着色している物質は酸化鉄だけで、他の物質は全て透明(粉末状態では白色)である。すなわち、透明な(イ)が我々の環境をつくっているのである。人類はこれらのありふれた元素(ユビキタス元素)を使って文明を築いてきた。たとえば、石器は酸化マグネシウム (MgO) やアルミナ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) を主成分としており、また、現代の高度情報化社会を支える半導体と光ファイバーはそれぞれ、Si と二酸化ケイ素 (SiO<sub>2</sub>) からできている。よって、これからの材料開発の課題は、これらユビキタス元素を工夫して用いることで、従来にない機能や性能を実現することであり、将来の文明を支える材料もまたユビキタスである必要がある。

一方、汎用セラミックスの一つである Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、優れた耐熱性、絶縁性、耐摩耗性、耐食性などを有することから、耐火物やスパークプラグ、IC 基板といった各種用途に広く使用されている。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> はボーキサイトを出発原料にしたバイヤー法によって製造される。Al の主要な鉱石であるボーキサイトは主成分が Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O で、不純物成分として SiO<sub>2</sub> や酸化鉄(III) (エ) を含むのでこれらを取り除く必要がある。バイヤー法は、ボーキサイトから Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を精製するために、Al が(オ)元素であることを利用した合理的な手法である。

ア	イ	ウ	エ	オ
---	---	---	---	---

(2) バイヤー法によりボーキサイトから Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を精製する工程に関する以下の問いに答えよ。

(ア) ボーキサイトに濃水酸化ナトリウム水溶液を加え、高温・高圧としたときの反応を化学反応式で示せ。ただし、ボーキサイトに含まれる不純物成分は考慮しなくてよい。

(イ) (ア) の工程で、塩基性酸化物である Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と、酸性酸化物であるが強固な結晶の SiO<sub>2</sub> は溶解せずに沈殿する。この反応過程で生じる無機性の残渣(ざんし)の名称を総じて何というか。また、その色は何色か。それぞれ漢字で答えよ。

名称：

色：

(ウ) (ア) で得られた溶液を水で希釈したときの反応を化学反応式で示せ。ただし、このとき平衡は右へ移動する。

(エ) (ウ) で得られた沈殿を濾過し、加熱したときの反応を化学反応式で示せ。

(オ) 上の工程で用いたボーキサイトの組成分析を行ったところ、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が約 56.7 mass% 検出された。このボーキサイト 600 g からは Al の単体が何 g 得られるか。計算過程を示して整数で答えよ。ただし、原子量は Al = 27.0、O = 16.0 とする。

受検番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題3. 次の問いに答えよ。(25点)

ある合金(溶質濃度:  $C_0$  mass%、平衡分配係数:  $K_0 < 1$ 、溶質の液相内拡散係数:  $D$   $m^2/s$ )の固液界面が速度  $R$  で成長している固液界面前方の液相中濃度分布 ( $C_L(x)$ ) を考える。(固相) (液相)  
(図1)

この時の液相中の溶質の収支は、

$$\frac{\partial C_L}{\partial t} = R \frac{dC_L}{dx} + D \frac{d^2 C_L}{dx^2}$$

で与えられる。定常状態であるので、

$$\frac{\partial C_L}{\partial t} = R \frac{dC_L}{dx} + D \frac{d^2 C_L}{dx^2} = \text{①}$$

となる。これを  $x = 0$  の時、 $C_L = \text{②}$ 、 $x \rightarrow \infty$  の時、 $C_L = \text{③}$  の境界条件で解くと、

$$C_L(x) = \text{④}$$

となり、液相中の濃度分布が得られる。

この合金の液相線勾配を  $m$ 、純金属の融点を  $T_0$  とすると、液相線温度  $T_L$  と溶質濃度  $C_L$  の関係は、

$$T_L = \text{⑤}$$

となり、これと液相濃度と平衡する温度分布  $T_0$  は状態図の液相線から求められ、

$$T_L = \text{⑥}$$

が得られる。界面での  $T_L$  の温度勾配は、⑦ となる。実際の温度勾配を  $G$  とすると、

$$\text{⑧}$$

の条件では液相に過冷が生じ、このような過冷を ⑨ と呼ぶ。この状態では固液界面が不安定となり、結晶は ⑩ や ⑪ 形態の成長となる。

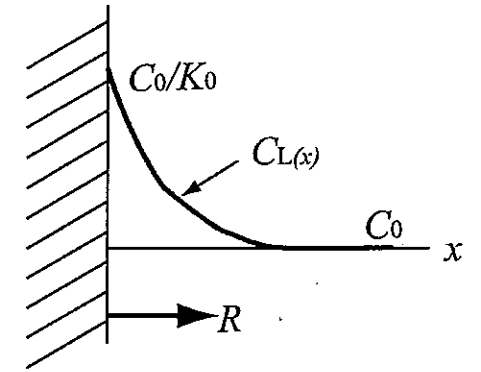


図1

①		②		③	
④		⑤		⑥	
⑦		⑧		⑨	
⑩		⑪			

得	点

問題4. 次の問いに答えよ。(25点)

- (1) 1.0 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を純水で希釈して 0.20 mol/L の水溶液を 500 mL つくる。  
1.0 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液は何 mL 必要か計算せよ。

解:  mL

- (2) 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (電離度 1.0) の pH を計算せよ。

解:

- (3) Ti ( $Z=22$ ) の基底状態電子配置は  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$  である。Mn ( $Z=25$ ) の基底状態電子配置を予測せよ。

- (4) 密閉容器に水素 1.0 mol とアルゴン 4.0 mol が充填されている。全圧が 7.0 atm であるとして、容器内の水素の分圧は何 atm か計算せよ。

解:  atm

- (5) 次の物質中の各原子に酸化数を割り付けよ。

(a)  $AlH_3$

Al の酸化数:

H の酸化数:

(b)  $Na_2Cr_2O_7$

Na の酸化数:

Cr の酸化数:

受検番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題5. 炭素鋼とアルミニウム合金に対する熱処理について、以下の問いに答えよ。(25点)

(1) 共析組成をもつ炭素鋼を加熱してオーステナイト(以下、 $\gamma$ )状態にした後、電気炉内で徐冷した場合と水中にて急冷した場合に得られる組織を比較した。それぞれの組織の構成相を答えよ。

徐冷:

急冷:

(2) (1)において、 $\gamma$ 状態から急冷する熱処理操作の名称を答えよ。また、それによって室温まで冷却しても未変態の $\gamma$ が残ることがある。これを何と呼ぶか。

熱処理操作:

未変態の $\gamma$ :

(3)  $\gamma$ 状態から急冷した後の炭素鋼は、 $A_1$ 点以下の適当な温度に加熱してから実用に供されることが普通である。この熱処理操作を何と呼ぶか。また、その目的について述べよ。

熱処理操作:

目的:

(4) 銅を4 mass%含むアルミニウム合金は、平衡状態では銅を固溶したアルミニウム( $\alpha$ )と $CuAl_2$ ( $\theta$ )から成る組織を呈する。これを550℃の $\alpha$ 単相域に加熱・保持し、その後、電気炉内で徐冷した場合と水中にて急冷した場合に得られる組織を比較した。それぞれの組織の構成相を答えよ。

徐冷:

急冷:

(5) (4)において、 $\alpha$ 単相域に保持し急冷する熱処理操作の名称を答えよ。

熱処理操作:

(6)  $\alpha$ 単相域から急冷したAl-4 mass%Cu合金は、室温に長く放置するか、少し温度をあげて保持することで硬化する。このように時間の経過とともに性質が変化する現象を何と呼ぶか。また、本合金の硬化挙動は微細組織の変化に起因する。それについて説明せよ。

現象:

説明: