

受験番号	
------	--

令和5年度
専攻科入学者選抜学力検査問題(後期)
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 受験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

物質工学専攻 専門(材料工学系)

問題1. 右下図は単元素または二元混晶で広く知られている半導体物質の単位格子を示している。以下の問いに答えよ。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)

得	点

- (1) 図に示す単位格子となる結晶構造の名称を下記解答欄へ答えよ。
- (2) 最隣接原子間ベクトルの一つが $\vec{r} = \frac{a}{4}(1,1,1)$ であるとき、その原子間距離を $|\vec{r}|$ として表すことができる。この最隣接原子間距離を格子定数 a を使った数式として表し、それを下記解答欄へ答えよ。

解答欄

設問(1)	設問(2)
型構造	$ \vec{r} =$ a

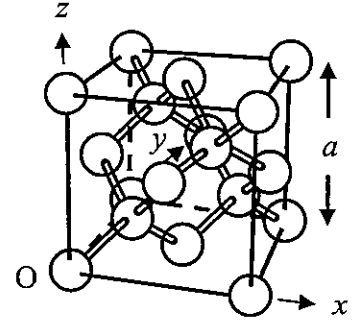


図 典型的な半導体材料の単位格子

- (3) あるIV族元素M(原子半径 R_M) を利用し、半導体物質の単結晶を作製したと仮定する。下記の各設問について、適切な語句ならびに計算結果を解答欄へ記入せよ。
 - (a) 原料融液から種結晶を使って単結晶インゴットを引上げる作製法の名称を答えよ。
 - (b) 意図的に不純物を添加した“不純物半導体”に対し、無添加半導体の一般名称を答えよ。
 - (c) $R_M = 0.102$ nm とするとき、設問(2)の結果を参考に、半導体物質の格子定数値 a を計算により推定せよ。ただし、解答に用いた算術式も解答欄へ示すこと。

解答欄

設問(a)	設問(b)	設問(c)
法	半導体	$a =$ nm
設問(c) 結果導出の算術式		

- (4) Si および Ge からなる二元混晶半導体 $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$ を作製した。Si および Ge の格子定数をそれぞれ $a_{\text{Si}} = 0.54$ nm ならびに $a_{\text{Ge}} = 0.56$ nm とするとき、ベガード則を適用し、混晶半導体 $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$ の格子定数を計算により推定せよ。ただし、解答に用いた算術式も解答欄へ示すこと。

解答欄 設問 4 計算結果

$a_{\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}} =$ nm

解答欄 設問 4 結果導出の算術式

得	点

問題2. 次のケイ素とその酸化物に関する文章を読み、以下の問いに答えよ。(25点)

ケイ素は、酸化物やケイ酸塩として地殻中に酸素に次いで多量に存在している。ケイ素の単体は、ダイヤモンドと同じ構造をした(ア)結合の結晶で、金属に似た光沢があるが、非金属に分類されている。電気伝導性は、金属と非金属の間で(イ)の性質を示す。ケイ素は、天然には単体の状態で産出しないが、(a) 四塩化ケイ素をナトリウム金属で還元すると、その結晶と塩化物が得られる。

ケイ素の酸化物である二酸化ケイ素は、火成岩に含まれる鉱物である石英として自然界に多く存在し、薬品にも侵されにくい性質がある。(b) 二酸化ケイ素に、水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、ケイ酸塩を生成する。得られたケイ酸塩に水を加えて煮沸すると、無色透明で粘性の高い液体で、塩基性の水ガラスとなる。この液体に塩酸を加えると、白色ゲル状のケイ酸が沈殿する。

地殻を構成している大部分の鉱物は、 SiO_4 四面体を骨組みとするケイ酸塩鉱物である。ケイ酸塩の1つである石英は、 SiO_4 四面体同士が三次元的に結合した(ウ)状構造をしている。このとき、石英中に含まれるケイ素と酸素の組成比(Si:O)は1:2で、極めて融点の高い結晶となる。輝石は、 SiO_4 四面体のうち、2個の酸素がそれぞれ別々の SiO_4 四面体と結合した(エ)状構造をしている。

SiO_2 を 1600°C 以上で融解し、これを冷却すると、一定の融点をもたない石英ガラスとなる。また、(c) SiO_2 に Na_2O 、 CaO などの(オ)酸化物を添加した後、加熱することで得られるガラスは、(d)石英ガラスよりもはるかに低い温度で軟化し、加工しやすくなることから、窓ガラスや瓶などによく使用されている。

(1) 空欄(ア)～(オ)に当てはまる最も適切な語句を記入せよ。

ア		イ		ウ		エ		オ	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

(2) 下線部(a)の反応を化学反応式で示せ。

化学反応式	
-------	--

(3) 下線部(b)の反応を化学反応式で示せ。

化学反応式	
-------	--

(4) 輝石中に含まれるケイ素と酸素の組成比(Si:O)を求めよ。

--

(5) 下線部(c)の説明に当てはまるガラスの分類として、最も適切なものを次の①～④から1つ選び、その番号を記入せよ。

- | | |
|------------|------------|
| ① クリスタルガラス | ② ホウケイ酸ガラス |
| ③ ソーダ石灰ガラス | ④ 鉛ガラス |

--

(6) 下線部(d)は、ガラス中の何の量が増大するためか、答えよ。

--

受験番号	
------	--

得	点

問題3. 以下の問いに答えよ。(25点)

(1) P [N]のせん断荷重を受ける断面寸法 b [m] \times h [m]の鋼角棒について考える。横弾性係数を G [Pa] とするとき、発生するせん断ひずみ γ を求めよ。

(2) 図1に示す引張り強さ σ_B [Pa]の材料が安全率を a として、圧縮荷重 P [N]を受ける時を考える。圧縮荷重に耐えられる鋼製丸棒の直径 d [mm]を求めよ。円周率は π とする。座屈は生じないとする。

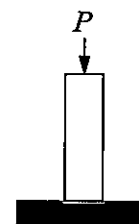


図1 圧縮荷重を受ける丸棒

(3) 図2の両端支持はりが支持Aから受ける上向き反力 R_A を求めよ。

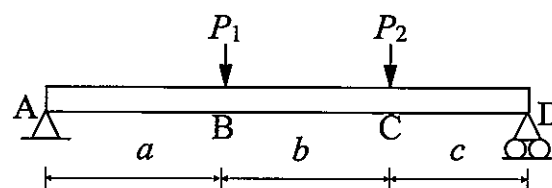


図2 集中荷重を受ける両端支持はり

(4) 図2の両端支持はりにおいてAB間のせん断力 F を求めよ。

(5) 図2の両端支持はりにおいてA点から距離 x ($a < x < a+b$) における曲げモーメント M_{BC} を求めよ。

受験番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題4. 以下の問いに答えよ。(25点)

- (1) $\text{MnSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ の結晶を加熱して完全に水分を蒸発させた結果、32.3%の質量減少が確認された。この結晶は何水和物であったか計算せよ。ただし、 MnSO_4 のモル質量は 151 g mol^{-1} であり、 H_2O のモル質量は 18 g mol^{-1} とする。

解: 水和物

- (2) 1.00 kg の水に 1.00 mol のクエン酸を溶解させた溶液の質量パーセント濃度を計算せよ。ただし、クエン酸のモル質量は 192 g mol^{-1} とする。

解: %

- (3) 47.5 g の MgCl_2 には陽イオンと陰イオンを合わせて何 mol のイオンが存在するか計算せよ。ただし MgCl_2 のモル質量は 95 g mol^{-1} とする。

解: mol

- (4) 以下の化合物が有する炭化水素基ならびに官能基を以下から選び、全て答えよ。

① メタノール

② アセトン

③ トルエン

④ ニトロベンゼン

解答群: メチル基、エチル基、フェニル基、ヒドロキシ基、ケトン基、アミノ基、ニトロ基

受験番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題5. 鉄鋼・非鉄材料に関する以下の問いに答えよ。(25点)

- (1) 高炉では、鉄鉱石が還元されて銑鉄が作られる。鉄鉱石を Fe_2O_3 として、一酸化炭素で Fe まで還元される過程を3つの化学反応式で表せ。

→
→
→

- (2) 高炉で作られた銑鉄は、溶銑予備処理の後、酸素を吹き込むことで炭素が除去され、鋼になる。この製鋼工程で使われる設備の名称を答えよ。

--

- (3) 鋼は、鉄鉱石や製造工程から入る種々の元素を含み、その代表的なものが炭素である。それ以外の主な元素を4つ挙げ、元素記号で答えよ。

--	--	--	--

- (4) 鋼材は電気炉製鋼法によっても製造される。この製鋼法における長所・短所をそれぞれ1つ挙げよ。

【長所】
【短所】

- (5) 銅の場合、それを含む鉱石を製錬して粗銅にし、次に電解精製により電気銅を得る。その後、電気銅を反射炉で溶融し、不純物の除去や酸素含有量の調整が行われる。このような工程を経て得られた工業用純銅は、酸素の含有量によって3つに分類される。それらの名称を示し、また最も酸素含有量が高いものの名称先頭に○を付けよ。

--	--	--

- (6) 銅は、純金属の状態が多量に用いられる一方、金属元素と合金化させたものもよく使用される。純銅に亜鉛、スズ、ニッケルをそれぞれ添加した合金は何と呼ばれるか。それらの名称を答えよ。また、純銅にベリリウムを添加した合金は、銅合金中で最大の強度を示すことが知られている。これはどのような現象によるものか、答えよ。

【亜鉛】	【スズ】	【ニッケル】
【ベリリウム】		

「材料工学系」

訂正箇所

1 ページ 第 1 問 (3), 1 行目

正

原子IV族元素 M (共有結合
半径 R_M) を利用し、...

誤

原子IV族元素 M (原子
半径 R_M) を利用し、...