

受検番号	
------	--

令和4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

得	点

問題1. 図1は元素半導体 ($a = 0.54 \text{ nm}$, 密度 2.4 g/cm^3) 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の原点原子 O を起点とした第1隣接原子間ベクトルを \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下記に示しておくこと。

(算術式)

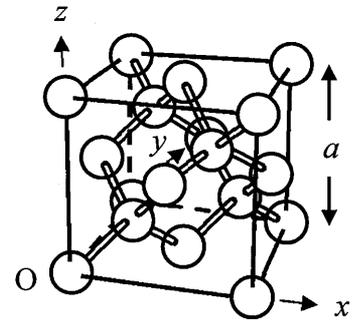


図1 元素半導体の単位格子

解答欄

$\vec{r} =$

(2) 第1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しておくこと。

(算術式)

解答欄

 nm

(3) 題意の元素半導体に ${}_{15}\text{P}$ 元素を微量添加して単結晶インゴットを作製した。この不純物半導体のタイプを答えよ。

解答欄

 型

(4) 設問(3)の不純物半導体でキャリア密度 $2 \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$, 直径 2 cm , 長さ 10 cm のインゴットを作製する。このときのインゴット中に含まれる不純物となるP原子の数を計算により求めよ。

(算術式)

解答欄

 P原子数

受検番号	
------	--

物質工学専攻 専門(材料工学系)

得	点

問題2. 以下の文章を読んで、次の問いに答えよ。(25点)

また、必要に応じて次の値を用いよ。

原子量：H=1.0, C=12.0, O=16.0, Na=23.0, Si=28.0

ケイ酸塩セラミックスの主成分である二酸化ケイ素は、天然では(ア)として鉱物中に含まれている。中でも、大きな結晶は(イ)、砂状のものはケイ砂と呼ばれる。比較的融点が高く、安定な化合物で強酸に侵されないため、試験管やフラスコなどのガラス実験器具によく使われている。しかし、^(a) 二酸化ケイ素はフッ化水素酸にはヘキサフルオロケイ酸を生じて溶ける。また、二酸化ケイ素は [A] 酸化物であり、^(b) 炭酸ナトリウムとともに加熱するとケイ酸ナトリウムを生じる。ケイ酸ナトリウムを水中で加熱すると、(ウ)と呼ばれる粘性の高い液体が得られる。一方、(ウ)に塩酸を加えると(エ)色でゲル状の^(c) ケイ酸が得られ、さらに加熱して脱水すると吸着剤や乾燥剤として利用される(オ)が得られる。

(1) 文章中の(ア)～(オ)について、適切な語句を記入せよ。

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

(2) 文章中の[A]について、最も適当な語句を下記の選択肢の中から選び、その番号を答えよ。

- ① 酸性 ② 塩基性 ③ 両性

A	
---	--

(3) 文章中の下線部(a)の反応を化学反応式で示せ。

化学反応式	
-------	--

(4) 文章中の下線部(b)の反応を化学反応式で示せ。

化学反応式	
-------	--

(5) (4)の化学反応式で発生する気体は何か、その気体名を答えよ。また、標準状態において、31.8 gの炭酸ナトリウムが全て二酸化ケイ素と反応したときに発生する気体は何Lか、その量を有効数字2桁で示せ。

気体名	
-----	--

気体量	L
-----	---

(6) 下線部(c)のケイ酸の組成は、 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ の一般式で表される。あるケイ酸を分析したところ、ケイ素の含有率は35.9%であった。このケイ酸のnの値を求め、整数で答えよ。

n	
---	--

得	点

問題3. 図1に段付き軸の形状を示す。軸の温度が200℃の時、首下長さは2.0000 mである。線膨張係数は $11.5 \times 10^{-6}/K$ 、ヤング率は206 GPaである。(1)、(2)、(4)、(5)は有効数字を3桁として答えよ。(25点)

(1) 今、軸の温度が200℃で一定とする。軸に圧縮力が負荷され首下長さが1.00 mm収縮した時($\lambda=1.00$ mm)、軸に生じている圧縮応力 σ を計算せよ。

(2) 軸の温度が200℃から100℃になった時、首下長さの収縮量 λ_H を計算せよ。

(3) 軸の温度が100℃になった時、段付き軸の首下長さ l を計算せよ。(3)に対してのみ答えの単位と小数点以下の桁を次のように指定する。単位をmとし小数点第4位まで答えを求めよ。

(4) 軸が温度200℃の時から、熱によってのみ1.00 mm収縮する時の温度 T を計算せよ。

(5) 図2に示すように間隔を固定した2つの剛体壁がある。上記の軸と同じ線膨張係数、ヤング率を有する材料で作製された軸を壁Bから通し壁Aにて一端を固定した。軸の温度が200℃の時、図2に示すように首下は壁Bと1.00 mmの隙間をもつ。壁Aから首下まで長さは2.0000 mである。軸の温度が100℃に下がった時、軸に生じる引張応力 σ を計算せよ。

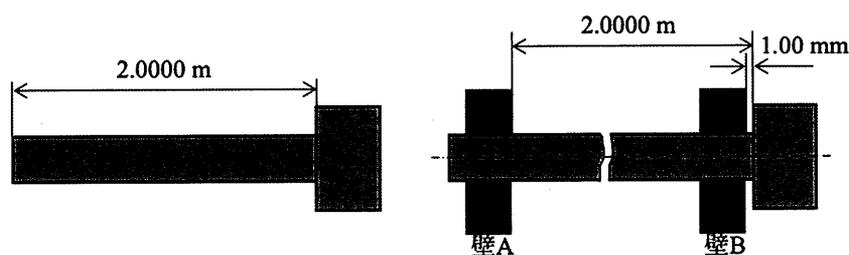


図1 段付き軸の形状

図2 壁に固定された段付き軸

得	点

問題4. 以下の問いに答えよ。(25点)

(1) スレーターの規則を用いて、以下の問いに答えよ。

(a) ナトリウムイオンの最外殻電子から見た有効核電荷を計算せよ。

解: $Z_{\text{eff}} =$

(b) マグネシウムイオンの最外殻電子から見た有効核電荷を計算せよ。

解: $Z_{\text{eff}} =$

(c) ナトリウムイオンとマグネシウムイオンのうち、どちらの原子半径が大きいと考えられるか、有効核電荷の値に基づいて説明せよ。

(2) 鉄鉱石中の金属の鉄含量は、まず鉄鉱石を Br_2 で酸化して全ての鉄を Fe^{3+} に変換し、次に Sn^{2+} で滴定して Fe^{3+} を Fe^{2+} に還元することで決定できる。

(a) Fe^{3+} と Sn^{2+} の酸化還元反応式を書け。

(b) 2.8 g の鉄鉱石を用いて調べた結果、 Fe^{3+} の滴定に 1.0 mol/L の Sn^{2+} 溶液が 20 mL 必要であった。この鉄鉱石中の Fe の質量パーセントを計算せよ。ただし、Fe の原子量は 56 とする。

解: %

(3) 5.0 mol/L の塩酸から出発して 1.0 mol/L の塩酸 100 mL をつくるには、5.0 mol/L の塩酸が何 mL 必要となるか計算せよ。

解: mL

(4) 次のデータを用いて Cs (s) と $\text{F}_2(\text{g})$ から CsF (s) が生成する際の全エネルギー変化を計算せよ。

F (g) の $E_{\text{ca}} = -328 \text{ kJ/mol}$

Cs (g) の $E_{\text{il}} = +376 \text{ kJ/mol}$

Cs (s) の昇華熱 $= +76 \text{ kJ/mol}$

$\text{F}_2(\text{g})$ の結合解離エネルギー $= +158 \text{ kJ/mol}$

CsF (s) の格子エネルギー $= +740 \text{ kJ/mol}$

解: kJ/mol

受検番号	
------	--

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) 下表は、工業製品に使用される炭素鋼・合金鋼の名称、用途、鋼種名の例をまとめたものである。空欄①に該当する用語を示し、また②と③にあてはまる鋼種名を【 】内から選べ。④と⑤には鋼種名に付される数字の意味を記入せよ。

【SM400、SKD11、SUS430、SCM415、S40C、SUJ2】

名称	用途	鋼種名の例	備考
①	建築、橋梁など	SS400	④
機械構造用炭素鋼	自動車などの各種機械類	②	⑤
合金工具鋼	切削工具、金型など	③	—————

(2) 上表中の合金工具鋼では「二次硬化」と呼ばれる現象が利用される。この「二次硬化」について説明せよ。

(3) アルミニウム合金に関連する以下の文章中の①～⑤に適切な元素記号または用語を記入せよ。また下線部について、熱処理の目的や内容について説明せよ。

アルミニウム合金展伸材には様々な種類がある。1000系は工業用純アルミニウムであり、1050ではアルミニウムの純度が>99.50 mass%、1060では>99.60 mass%などとなっている。2000系はAl-①-②系合金、3000系はAl-Mn系合金、4000系はAl-Si系合金、5000系はAl-Mg系合金、6000系はAl-Mg-Si系合金、7000系はAl-③-④-Cu系合金であり、それぞれに2017、4032のように番号が付された合金が属する。特に7000系においては、7075合金が有名である。これは⑤と呼ばれ、航空機やスポーツ用品などに使われる。また、2000系、6000系、7000系は熱処理型合金として知られている。

①	②	③
④	⑤	
【目的】		
【内容】		