

平成30年度専攻科入学者選抜学力検査問題・解答用紙

専 門 科 目

生産システム工学コース(Ⅲ群)

(検査時間 10:00 ~ 12:00)

(注 意)

- 1 「はじめ」の合図があるまで開かないこと。
- 2 専門科目の問題・解答用紙は、表紙(本紙)と問題・解答用紙からなっています。
- 3 下記の3科目の中から2科目を選択すること。
- 4 選択した科目の問題・解答用紙には必ず受検番号、氏名を記入すること。
- 5 問題・解答用紙は切り離さないで提出すること。
- 6 下記の表に受検番号、氏名を記入し、選択する科目名を○で囲むこと。

(※印の欄は記入しないこと)

受検番号		氏 名		※
------	--	-----	--	---

群	科 目 名
Ⅲ	材料化学(物理化学、有機化学) (※)、 材料強度学(材料組織学、材料力学) (※)、 材料物性学(材料物性) (※)、

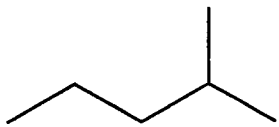
平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料化学（物理化学、有機化学）（1/6）		

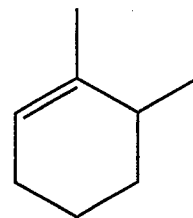
1 有機化合物の命名法と異性体について以下の問いに答えよ。

(1) つぎの化合物を命名せよ。(各4点, 計16点)

(i)

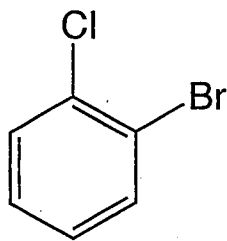


(ii)

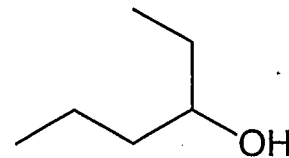


(i)	(ii)
-----	------

(iii)



(iv)



(iii)	(iv)
-------	------

(2) つぎに示す異性体の種類に該当する化合物の組みを記号で選んで答えよ。(各2点, 計4点)

(i) シス-トランスジアステロマー

(i)

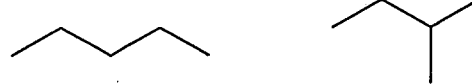
(ii) 鏡像異性体

(ii)

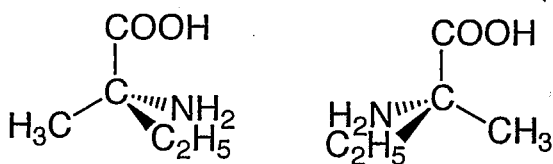
(ア)



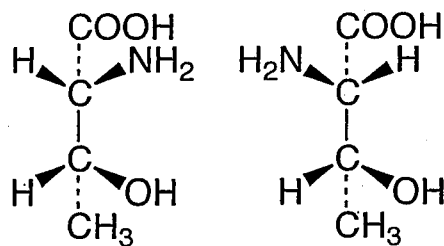
(イ)



(ウ)



(エ)



※

※受検者は何も記入しないでください。

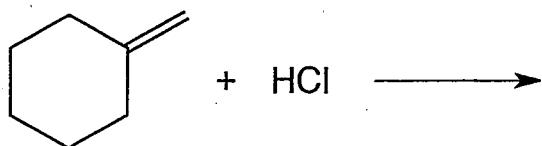
平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	

Ⅲ 群	材料化学 (物理化学、有機化学) (2/6)
-----	------------------------

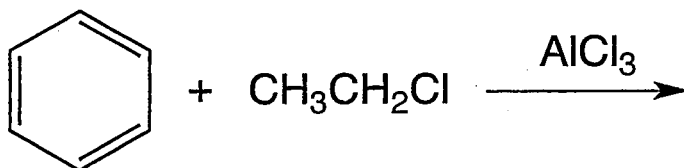
2 つぎの反応の主生成物を記せ。(各5点, 計20点)

(1)



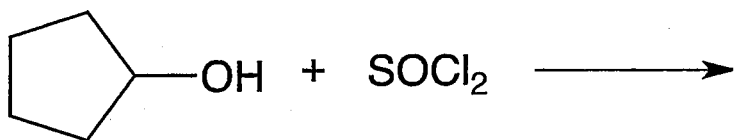
(1)

(2)



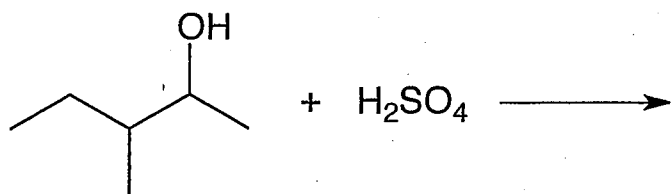
(2)

(3)



(3)

(4)



(4)

※

※受検者は何も記入しないでください。

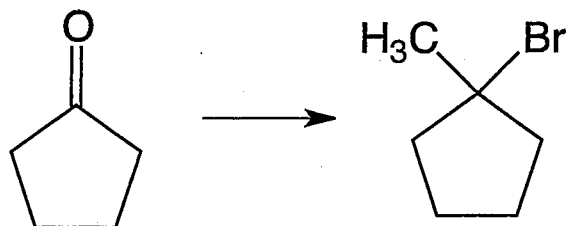
平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	

Ⅲ 群

材料化学（物理化学、有機化学） （3/6）

3 つぎに示す出発物質から目的物を合成する経路を示せ（反応は最低2段階を必要とする）。（10点）



※

※受検者は何も記入しないで
ください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料化学（物理化学、有機化学）（4/6）		
<p>4 温度 300 K, 物質質量 1 mol, 圧力 1.013×10^5 Pa (=1 atm) の単原子理想気体がある。この気体を体積が 2 倍になるまで断熱的に膨張させた。以下の問に答えなさい。なお気体定数は $8.31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とする。</p> <p>(1) 膨張後の圧力はいくらか。(5 点)</p> <p>(2) 膨張後の温度はいくらか。(5 点)</p> <p>(3) この膨張による仕事はいくらか。(5 点)</p>			

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料化学（物理化学、有機化学）（5/6）		

5 エントロピ S に関する以下の問に答えなさい。

(1) 熱力学第一法則にエントロピの定義を代入すると次式を得る。

$$dU = TdS - PdV$$

ここで、 U は内部エネルギー、 T, P, V はそれぞれ温度、圧力、体積である。この式を用いて、理想気体の 1 mol あたりのエントロピが次式で与えられることを示しなさい。

$$S = C_v \ln T + R \ln V + S_0$$

ただし C_v は定積モル熱容量、 R は気体定数、 S_0 は定数である。(10点)

(2) ある物質の定圧モル熱容量 C_p が絶対温度 T の関数として、 $C_p = 44.2 + 8.79 \times 10^{-3} T$ [J/(K·mol)] で与えられている。この物質 1 mol の温度が一定圧力下で 273 K から 373 K まで上昇した時のエントロピ変化はいくらか。(10点)

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料化学（物理化学、有機化学）（6/6）		

- 6 アンモニア NH_3 、窒素 N_2 および水素 H_2 の標準生成エンタルピ ΔH_f^\ominus と標準エントロピ S^\ominus が次表のように与えられている。

物質	$\Delta H_f^\ominus / \text{kJ mol}^{-1}$	$S^\ominus / \text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1}$
$\text{NH}_3(\text{g})$	-46.11	192.5
$\text{N}_2(\text{g})$	0	191.6
$\text{H}_2(\text{g})$	0	130.7

この表の数値を用いて 298 K におけるアンモニアの標準生成ギブスエネルギーを求めなさい。(15 点)

※

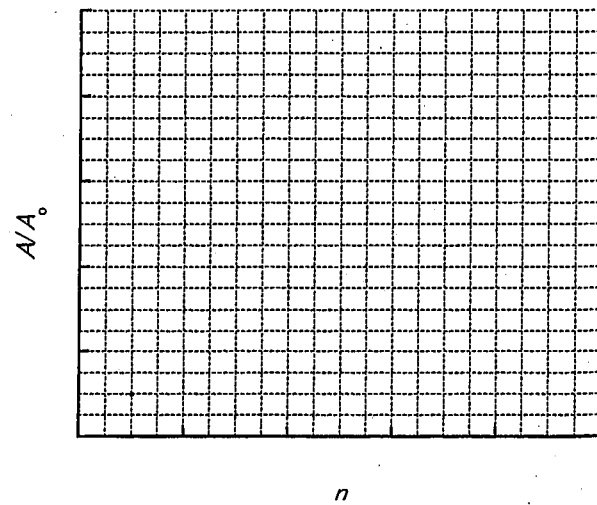
※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料強度学 (材料組織学、材料力学) (1/6)		

①

中実丸棒が用いられている構造部材を同一材料からなる中空丸棒に変更して同じねじりモーメントとなるように寸法を検討する。中実丸棒の直径を d 、中空丸棒の外径を d_1 、内径を d_2 とし、縦軸に中空丸棒の横断面積 A /中実丸棒の断面積 A_0 、横軸に $n=d_2/d_1$ とし、 $n=1/3, 1/2, 2/3$ の3点を求め、フリーハンドで下記グラフに図示せよ。縦軸および横軸のスケールも適宜記入すること。なお、計算の途中過程で必要な変数に関しては特に定義しなくても構わない。なお、同一材料とは直径が異なっても許容最大せん断応力は同じものを指す。[25点]



※

※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料強度学（材料組織学、材料力学）（2/6）		

②

長さ l の片持ちはりの自由端先端に集中荷重 W が作用しているとき、この集中荷重を固定端側に a だけずらした場合、自由端で同じ最大たわみを得るためには集中荷重 W をどのように変化させる必要があるか。なお、計算の途中過程で必要な変数に関しては、解答欄で使用しない限り特に定義しなくても構わない。

[25点]

$W =$

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料強度学 (材料組織学、材料力学) (3/6)		

3 2成分系平衡状態図に関する以下の問いに答えなさい。

(1) 2成分系合金において3つの相が同時に存在するときの反応を不変系反応と呼ぶ。図3-1に示すCu-Zn系合金状態図において存在する6つの不変系反応について、反応温度、反応名、反応式をすべて解答欄に記載しなさい。ただし、解答に際しては解答欄の(1)から(6)に反応温度が高い順に解答すること。また、反応式は高温相から低温相になるときの反応式を書くこと。

(1つの不変系反応についてすべて正解で2点×6=12点)

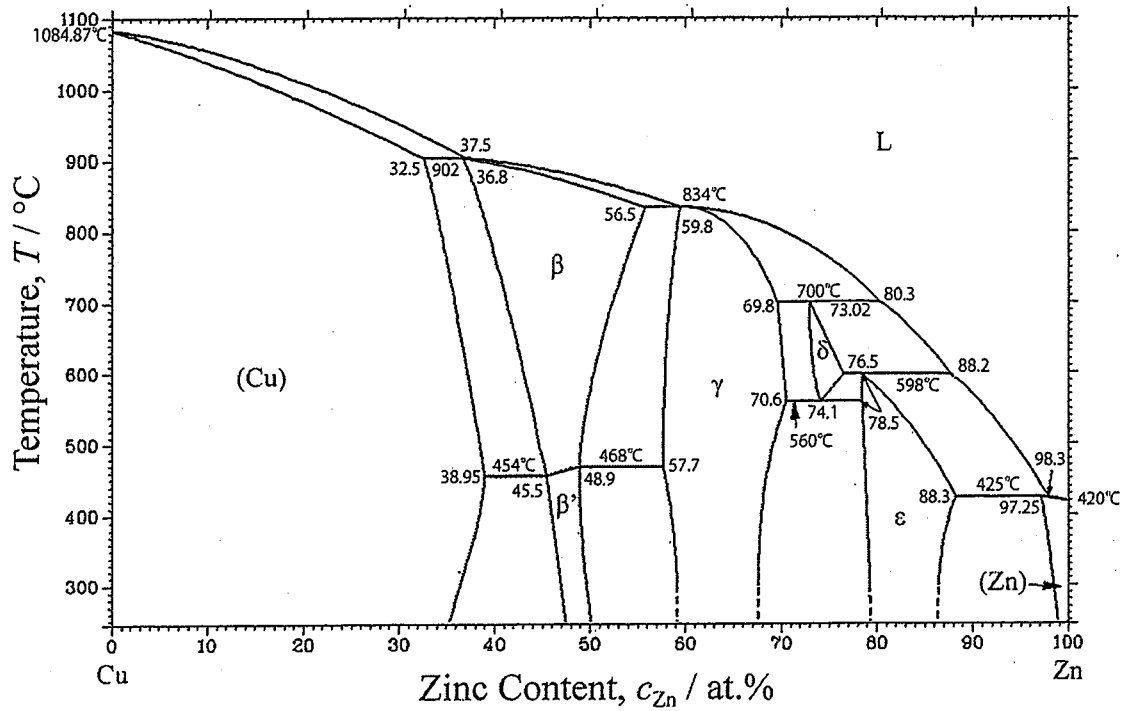


図3-1 Cu-Zn系合金状態図[1]

[1] Binary Alloy Phase Diagrams, second edition, plus updates to version 1.0, ASM International, 1996.

解答欄

	反応温度 (°C)	反応名	反応式
(1)			
(2)			
(3)			
(4)			
(5)			
(6)			

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料強度学 (材料組織学、材料力学) (4/6)		
<p>(2) Ni-40 at.%Ti 合金が 700℃で平衡状態となった。このときに存在する相が NiTi および Ni₃Ti の中間相であった。また、この2つの中間相の Ni 含有率がそれぞれ 56 at.%, 68 at.%であった場合、組織中に占める2つの相の割合を百分率でそれぞれ答えなさい。ただし、相の割合の計算における解答は小数点第二位を四捨五入すること。また、計算の過程もすべて記入すること。(8点 (不正解の際に部分点は与えません))</p>			

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料強度学 (材料組織学、材料力学) (5/6)		

4 拡散変態に関する以下の問いに答えなさい。

(1) ある2成分系合金における固相-固相変態において、母相中に半径 r の球状新相(クラスター)が出現したときの系の自由エネルギー変化(ΔG_n)が式4-1で表されたとする。

$$\Delta G_n = \frac{4\pi r^3}{3}(\Delta G_V + \Delta G_s) + 4\pi r^2\gamma \quad (4-1)$$

ここで、 ΔG_V は、核生成の駆動力(単位体積あたりの母相から新相への変化による自由エネルギー変化)であり負の値となる。 γ は、母相-新相間に新たに形成される界面のエネルギーで正の値となる。また、 ΔG_s は母相と新相の結晶構造等の違いにより生じるひずみエネルギーで正の値となる。

ΔG_n と r の関係を図示すると図4-1のようになるが、 ΔG_n が極大値となる場合の半径の大きさ r^* を求めなさい。ただし、計算の過程を全て書くこと。(10点)

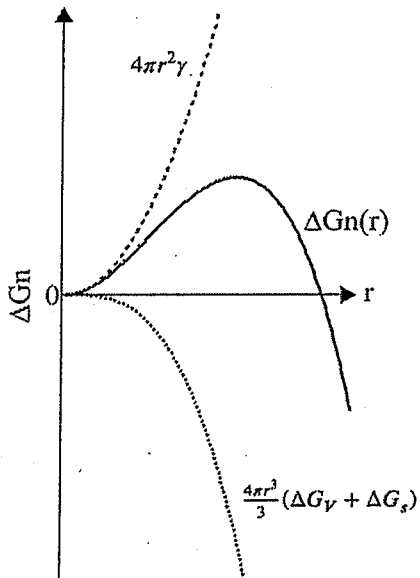


図4-1 クラスタ半径と系の自由エネルギー

(2) 4 (1) の2成分系合金において、固相-固相変態した際に母相中に4 (1) で求めた r^* よりも小さい半径をもつクラスターが生成された場合、このクラスターは生成後にどのような傾向を示すのかを説明しなさい。(10点)

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料強度学（材料組織学、材料力学）（6/6）		

5 以下の文章は無拡散変態ならびに回復・再結晶に関する説明文である。(1) から (10) の中に適切な言葉を入れて文章を完成させなさい。(1点×10=10点)

○マルテンサイト変態の定義と特徴

マルテンサイト変態とは結晶構造が原子の拡散を伴わずに(1)変形によって変化する変態である。鉄鋼以外に非鉄合金でも見られる変態であるが、共通した特徴として以下の5つの特徴すべてがあらわれる。

- ・単相から(2)への変態で組成変化がない。
- ・体積変化および形状変化を伴い、(3)が発現する。
- ・マルテンサイトと母相に一定の結晶方位関係が存在する。
- ・マルテンサイトは一定の結晶面に沿って生成する。
- ・マルテンサイト相中には高密度の(4)が存在する。

○回復・再結晶

回復は、加工により蓄積された(4)や弾性エネルギーを解放しようとして、再結晶以前に生じる現象であり、回復の素過程は様々である。(5)や格子間原子などの点欠陥については、(5)と格子間原子が出会うことで消滅したり、(6)、結晶粒界、表面などの消滅源への拡散により消滅することで点欠陥が熱平衡濃度まで減少することで回復が生じる。また、線欠陥については、正負の(6)の合体消滅や低エネルギー状態への再配列等が挙げられる。

再結晶は、加工を受けた金属材料の焼鈍により、格子欠陥密度の低い新しい結晶粒が形成され、それがマトリクスを蚕食して成長していく現象である。再結晶の特徴としては以下の点が挙げられる。

- ・金属材料の初期粒径が小さく、加工温度が低いほど臨界加工度(再結晶が発現するために最低限必要な加工度)が(7)い。
- ・加工度が大きいほど再結晶温度は(8)温になる。
- ・加工度が大きいほど、初期粒径が小さいほど再結晶粒径は(9)になる。
- ・加工度が一定の場合、初期粒径が大きいほど、加工温度が高いほど再結晶温度は(10)温になる。

解答欄

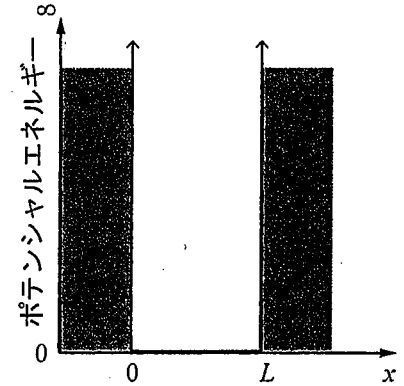
(1)	(2)	(3)	(4)
(5)	(6)	(7)	(8)
(9)	(10)		

※ ※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料物性学 (材料物性) (1/4)		

1 右図に示されるような $x=0$ と $x=L$ にある二つのポテンシャルが無限大の壁の間を電子が運動しているとき、すなわち、次式で与えられる幅 L の無限に深い井戸型ポテンシャル $V(x)$ 中を電子が運動しているとき、以下の問いに答えよ。導出過程も示すこと。



$$\begin{cases} 0 \leq x \leq L & : V(x) = 0 \\ x < 0, \quad L < x & : V(x) = \infty \end{cases}$$

(1) $0 \leq x \leq L$ にある電子の波動関数を $\psi(x) = A \sin kx + B \cos kx$ と仮定する。この波動関数が以下の時間を含まないシュレーディンガー方程式を満たすことを示せ。ただし、 h をプランク定数とし、 $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ 、電子のエネルギー $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$ とする。(10点)

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} \psi(x) = E \psi(x)$$

(2) 電子の波動関数は壁の位置でも連続している、すなわち、 $\psi(0) = 0$ および $\psi(L) = 0$ という境界条件を考慮すると、電子の波動関数は以下のように制限されることを示せ。(10点)

$$\psi(x) = A \sin \frac{n\pi x}{L} \quad (n \text{ は正の整数})$$

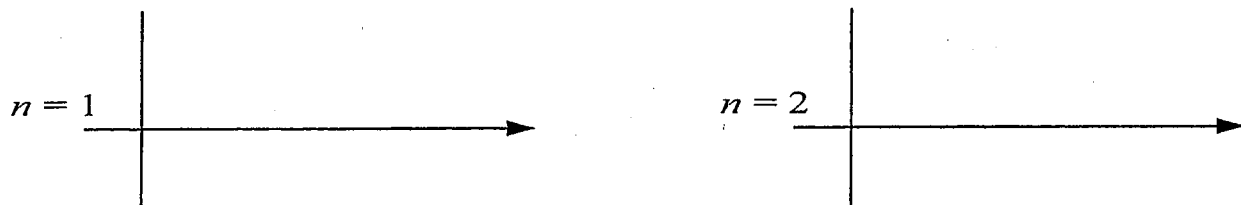
※ ※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料物性学 (材料物性) (2/4)		

(3) 電子は $0 \leq x \leq L$ の中に必ず存在する, すなわち $\int_0^L |\psi(x)|^2 = 1$ という規格化条件を考慮し, 電子の波動関数の振幅 A を求めよ. (15点)

(4) 井戸型ポテンシャル中の電子の空間分布 $|\psi(x)|^2$ を $n=1, 2$ についてそれぞれ図示せよ. (15点)



※

※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	
Ⅲ 群	材料物性学（材料物性） （3/4）		
<p>2 エネルギーバンドについて、以下の問いに答えよ。</p> <p>(1) 金属（導体）、絶縁体、半導体のエネルギーバンドを図示せよ。作図においては、電子が占有している状態を斜線で表し、エネルギーバンドの名称、フェルミエネルギーの位置を記入すること。（10点）</p> <p>(2) (1)で解答した図を用いて、金属（導体）、絶縁体、半導体の導電性の違いを説明せよ。（10点）</p>			

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成30年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

専攻名	生産システムデザイン工学専攻	氏名	
		受検番号	

Ⅲ 群	材料物性学 (材料物性) (4/4)
-----	--------------------

(3) 半導体について、次の文章中の括弧に適切な用語を解答欄に記入せよ。(各4点、計20点)

- ・真性半導体のキャリアは、電子および(ア)であり、それぞれの数密度は等しい。これらにより真性半導体は2種類の伝導機構を持つので、これを(イ)伝導と呼ぶ。
- ・不純物半導体とは不純物を含む半導体のことである。母材の半導体へ異なる元素を添加することを(ウ)と言う。不純物半導体のうち、電子数密度を増加させる不純物を添加した半導体を(エ)型半導体といい、この不純物を(オ)と呼ぶ。

ア	イ	ウ	エ	オ

(4) 4価のSiに3価のGaを微量添加した半導体のエネルギーバンド図を描き、図中に不純物準位を示せ。(10点)

※

※受検者は何も記入しないでください。