

2024年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験問題

## 材料・応用化学専攻 物質材料工学教育プログラム

### 専 門

試 験 日：2023年8月18日

#### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 試験終了時まで退出できません。途中で気分が悪くなった場合などには、手を挙げて監督者に知らせてください。
3. 試験中にこの問題冊子または解答紙にページの落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 試験問題は、必須問題（数学）と選択問題（物理/応用物理分野，化学/応用化学分野，材料力学/構造力学分野，材料工学分野から各1題出題）からなっています。必須問題と、選択問題の4分野から1題を選択して解答してください。
5. 解答紙には科目名と問題番号が記載されています。すべての解答紙に必ず受験番号を記入してください。選択した選択問題の解答紙には「 選択する。」にチェックを入れ、選択しなかった選択問題の解答紙には「 選択しない。」にチェックを入れてください。選択問題数に過不足がある場合には、選択問題すべての解答が採点されません。
6. 必ず指定された解答紙の所定の欄に解答を書いてください。指定された解答紙の所定の欄以外に解答を書いた場合、採点されません。
7. この問題冊子の余白等は適宜下書きに使用してもかまいません。
8. 試験終了後、解答紙は表紙と選択しなかった選択問題解答紙を含めすべて提出してください。持ち帰ってはいけません。
9. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ってください。

**数学**  
**(必須問題)**

**1**

(1) 次の関数について、 $dy/dx$  を求めよ。

$$x = \frac{2+t^2}{1-t^2}, \quad y = \frac{2t}{1-t^2}$$

(2) 関数  $f(x, y) = (x - e^{xy})(x^2 + xy^3)$  について、以下の問 (ア) , (イ) に答えよ。

(ア)  $f(x, y)$  を  $x$  に関して偏微分し、一次導関数  $g(x, y)$  を求めよ。

(イ) (ア) で求めた  $g(x, y)$  に  $x = -2, y = 1$  を代入することで、偏微分係数を求めよ。

(3) 以下の行列  $A$  の固有値を求めよ。

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & -1 \\ 2 & 3 & -2 \\ -1 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$

## 物理/応用物理分野 (選択問題)

2 半導体に関する以下の問に答えよ。

- (1) 一般に、n型半導体におけるキャリア密度の温度依存性は3つの温度域に区分される。以下の小問に答えよ。
- (ア) この温度依存性を、横軸を絶対温度の逆数、縦軸をキャリア密度の対数として図示せよ。
- (イ) 各温度域の名称を問(ア)の図中に示せ。
- (ウ) 各温度域におけるキャリア密度の温度依存性をもたらす原因について説明せよ。
- (2) 金属とn型半導体の接合に関する以下の小問に答えよ。なお、下図内に示された $E_C$ をn型半導体の伝導帯の下端、 $E_{Fn}$ をn型半導体のフェルミ準位、 $E_V$ をn型半導体の価電子帯の上端、 $E_{Fm}$ を金属のフェルミ準位とする。

(ア) 図1のエネルギー帯図で示されるバンド構造をもつ金属とn型半導体を接合させた場合、接合部および接合部付近のエネルギーバンド構造はどのようなになるか、図示せよ。

(イ) 問(ア)の場合に形成される接合様式の名称を答えよ。

(ウ) 問(イ)で解答した接合様式の形成機構を説明せよ。

(エ) 図2のエネルギー帯図で示されるバンド構造をもつ金属とn型半導体を接合させた場合、接合部および接合部付近のエネルギーバンド構造はどのようなになるか、図示せよ。

(オ) 問(エ)の場合に形成される接合様式の名称を答えよ。

(カ) 問(オ)で解答した接合様式の形成機構を説明せよ。

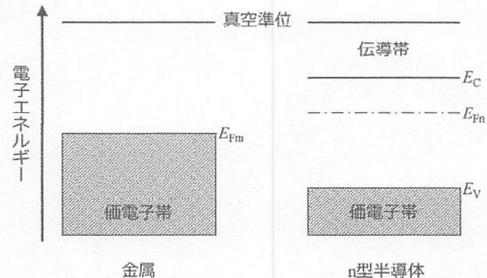


図1 真空準位を基準としたエネルギー帯図1 (接合前)

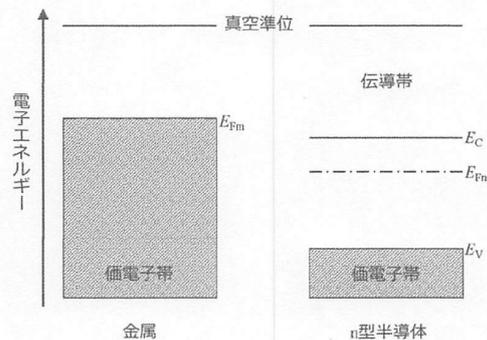


図2 真空準位を基準としたエネルギー帯図2 (接合前)

化学/応用化学分野  
(選択問題)

3

- (1) ニッケル(Ni)と酸化ニッケル(NiO)が 1700 K で平衡している時の酸素分圧  $P_{O_2}$  [atm] を求めよ。  
計算には次式で示す標準ギブス自由エネルギー変化  $\Delta G^\circ$  を用いよ。有効数字は 3 桁とする。



- (2) ある反応の反応速度定数  $k$  は温度が 300 K から 400 K に上昇すると 4 倍になる。
- 1) この反応の活性化エネルギー  $E_a$  [J] を求めよ。有効数字は 3 桁とする。
  - 2) 温度が 400 K から 700 K に上昇すると、この反応の反応速度定数は何倍になるか計算せよ。小数点以下は四捨五入せよ。

材料力学/構造力学分野  
(選択問題)

4

ヤング率  $E_1$ , 線膨張係数  $\alpha_1$ , 長さ  $l$ , 横断面の面積  $A$  の円柱の周りに, ヤング率  $E_2$ , 線膨張係数  $\alpha_2$ , 長さ  $l$ , 横断面の面積  $A$  の円筒を互いが接触しないように配置し (図 1 に横断面図を示す), 左端を剛体壁に固定した。次に, 円柱と円筒の右端を剛体板で連結した (図 2 に縦断面図を示す)。ただし, この段階では円柱および円筒には応力は生じていない。円柱および円筒の温度を  $\Delta T$  だけ上昇させたとき, それぞれに発生する熱応力  $\sigma_1, \sigma_2$  を求めよ。また, そのときの **B** 点の  $x$  方向の変位  $\delta_B$  を求めよ。ただし,  $\alpha_1$  は  $\alpha_2$  より大きい。

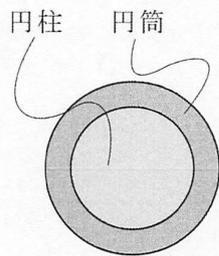


図1

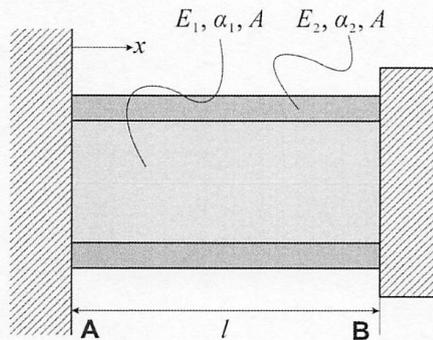


図2

## 材料工学分野 (選択問題)

5

航空機の構造材料に用いられている 7075-T6 材の角材 (幅  $w$ , 高さ  $h$ ) を同じ幅のマグネシウム合金の角材 (幅  $w$ , 高さ  $h'$ ) で置き換える場合について, 以下の間に答えよ。なお, 7075-T6 材のヤング率, 降伏応力, 比重は, それぞれ 70.0 GPa, 505 MPa, 2.80 g/cm<sup>3</sup> であり, マグネシウム合金のヤング率と比重は, それぞれ 45.0 GPa と 1.80 g/cm<sup>3</sup> であるとする。マグネシウム合金の引張降伏応力と圧縮降伏応力は同じであるとする。また, 角材の断面二次モーメントは,  $I=w \times h^3/12$  である。有効数字 3 桁として回答すること。

- (1) 同じ曲げ剛性にするために必要なマグネシウム合金角材の高さ  $h'$  を,  $h$  を用いて求めよ。
- (2) 上記 (1) で求めた高さ  $h'$  のマグネシウム角材が, 7075-T6 角材と同じ引張荷重で降伏する場合, マグネシウム合金の降伏応力を求めよ。
- (3) マグネシウム合金の角材を使用した場合, 7075-T6 材の角材に比べてどれくらいの軽量化が図れるかを求めよ。