

名古屋工業大学

2025年度（令和7年度）

編入学者・転入学者選抜学力検査

理工工学科 材料機能分野 専門試験

試験日時 2024年6月21日（金）

10:00～12:00

（解答上の注意）

- ◎解答の際、解答用紙のホチキス止めを外してください。
- ◎配布物は、問題用紙4枚、計算用紙1枚、解答用紙3枚です。
- ◎すべての問題を解答してください。
- ◎解答は各問題番号に対応する解答用紙に解答してください。
- ◎電卓は使用できません。
- ◎試験終了後は問題用紙と計算用紙を持ち帰ってください。
- ◎乱丁・落丁あるいは不鮮明な場合には申し出てください。

2025年度（令和7年度） 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

－ 専門試験 －
(物理工学科 材料機能分野)

問題1 設問I～IIのすべてについて解答すること。

I 面心立方構造をもつある純金属の単結晶について、[210]に平行な方向を荷重軸として引張試験を行った。次の(1)～(4)の問いについて答えよ。

- (1) 塑性変形中にこの金属中で活動しうる{111}面上の $\langle 110 \rangle$ すべりは、幾何学的に12種類存在する。それら12種のすべり系を具体的にすべて示せ。ただしこの時、各すべり面の法線方向、すべり方向はそれぞれともに[210]荷重軸方向と鋭角を成す方向と定義する。
- (2) 引張試験を行うと金属には転位が導入される。「刃状転位」と「らせん転位」について、(a) 構造の違い（バーガースベクトルと転位線の関係）、(b) バーガースベクトルに対する転位線の移動方向の違い、(c) 障害物があるときのすべり面の変化の仕方の違い、について、それぞれ具体的に説明しなさい。
- (3) この金属の格子定数を a とする時、活動する転位のバーガースベクトルの大きさを求めなさい。ただし活動する転位は完全転位とする。
- (4) この金属の多結晶体の降伏応力を σ 、平均結晶粒径を d とする。 $d = 16.0 \mu\text{m}$ の試料では $\sigma = 150 \text{ MPa}$ 、一方 $d = 64.0 \mu\text{m}$ の試料では $\sigma = 120 \text{ MPa}$ を示した。 σ と d との間にホール・ペッチの関係が成り立つ場合、 $d = 100 \mu\text{m}$ の多結晶体試料が示す降伏応力を求めよ。解答欄には導出過程も記載すること。

II 次の(1)～(5)の問いについて答えよ。

(1) Fe-C系の鉄鋼材料で用いられる以下の5つ用語のうち、3つを選び、それぞれについて説明しなさい。

セメンタイト，オーステナイト，フェライト，パーライト，マルテンサイト

(2) 4種類の元素を含む合金において、圧力を一定としたとき、平衡状態において最大で幾つの相が共存しうるか述べなさい。またその理由を、自由度 f を含むGibbsの相律を示す式を用い説明しなさい。

(3) 大気圧下における、仮想の元素A, Bからなる二元系平衡状態図において、二成分の不変系反応として(a)共晶反応，(b)包晶反応のみを1つだけ含む状態図をそれぞれ図示しなさい。ただし各領域に含まれる相について、固相か液相かを示したうえで、各相に任意の記号にて名前を付け、明示すること。

(4) 仮想の元素X, Yからなる、組成が原子パーセント濃度でX-20.0at%Yと示される合金について、その組成を質量パーセント濃度(X-○mass%Y)に換算し、○に該当する数値を有効数字3桁で求めなさい。ただし仮想元素X, Yの原子量はそれぞれ50.0, 100とする。

(5) 固体金属中の「不純物元素の原子拡散」について、「空孔」，「侵入型」，「置換型」，「温度依存性」という語句をすべて用いて，説明しなさい。

問題 2 設問 I～II のすべてについて解答すること。

I 次の文章を読み、次の (1)～(3) の問いについて答えよ。

(1) 以下の図 1～3 に示された単位格子中の灰色塗りした面のミラー指数を答えよ。

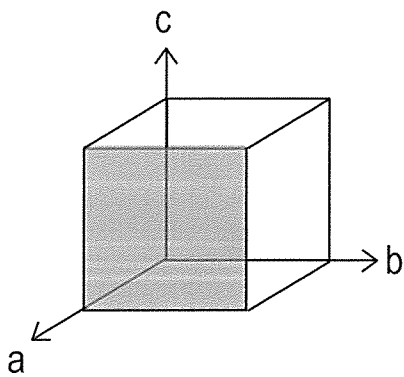


図 1

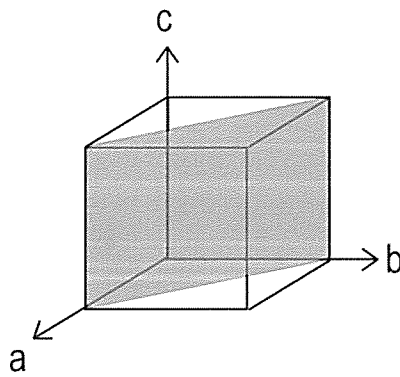


図 2

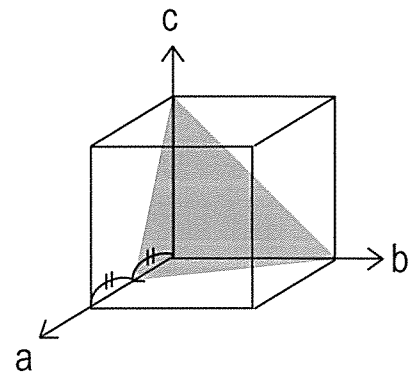
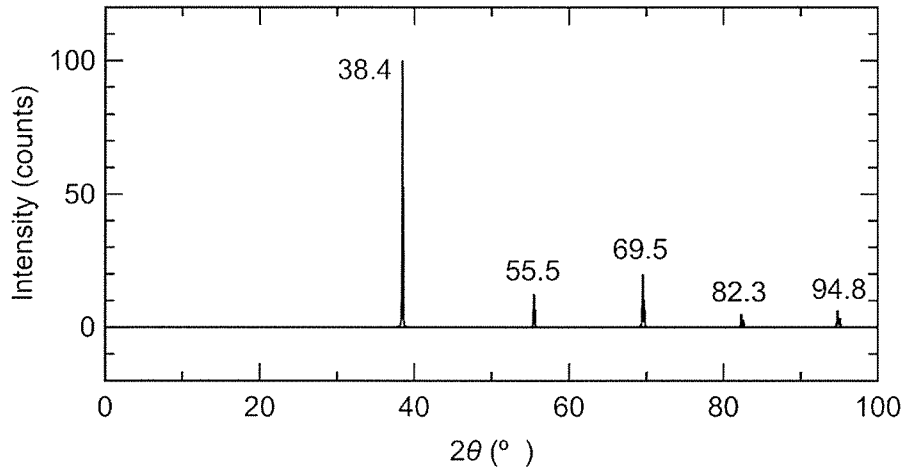


図 3

(2) 結晶のように周期的な構造を持つ物質に対して、ある波長の X 線をいろいろな角度から照射すると、ある角度では強い X 線の回折が起こるが、別の角度では回折がほとんど起こらないという現象を観測できる。これは物質を構成する原子により散乱された X 線が、原子の周期配列により強め合ったり、打ち消しあったりするためである。散乱される X 線が強め合う条件を、X 線の波長 λ 、結晶の面間隔 d 、および結晶面と X 線が成す角度 θ を用いて答えよ。

(3) ミラー指数は結晶の面間隔と格子定数の間の関係を表記する際に利用される。立方晶におけるミラー指数 h 、 k 、 l 、結晶の面間隔 d 、格子定数 a の間の関係式を答えよ。

II 下の図は室温において Cu-K α 線を用いて行ったタンタルの粉末 X 線回折測定の実験結果である。次の (1) ~ (5) の問いについて答えよ。



- (1) 室温でタンタルは体心立方構造を取ることが知られている。体心立方格子の結晶構造を図示せよ。なお、格子内の原子は●で表記すること。
- (2) X線を粉末試料に照射した際には、特定の入射角において、強い回折が生じる。タンタルの結晶構造因子 F_{hkl} を、タンタルの原子散乱因子 f とミラー指数 h, k, l を用いて表せ。単位格子中のあるミラー面 $(h k l)$ において、原子(原子位置 (u, v, w))によって散乱された波の和は、単位格子中の原子の位置と種類が分かれば次式で与えられる。ここで、 F_{hkl} は結晶構造因子、 N は単位格子中の原子の数、 f_j は原子散乱因子である。また、 i は虚数単位とする。

$$F_{hkl} = \sum_{j=1}^N f_j e^{2\pi i(hu_j + kv_j + lw_j)}$$

- (3) タンタルにおいて、回折ピークが観測されない場合のミラー指数 h, k, l の間に成り立つ条件を答えよ。
- (4) タンタルにおいて、回折ピークが観測される場合のミラー指数 h, k, l の間に成り立つ条件を答えよ。また、取りうる F_{hkl} の値を求めよ。
- (5) 観測された 5 つの回折ピークに対応するミラー指数をそれぞれ答えよ。なお、図中において、理論上、観測されうる回折ピークはすべて観測できているものとする。