

## 物性論演習 2012. 8. 3 (金) 藤井

プランク定数  $h = 1.05 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , ボルツマン定数  $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

電子の静止質量  $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , 素電荷  $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

真空の誘電率  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ , ボーア磁子  $\mu_B = 9.27 \times 10^{-24} \text{ J/T}$   
とする。

## 問題1 (25点)

(a) 金(Au)の単結晶は面心立方格子で構成されており、その(111)面に波長  $1.5405 \text{ \AA}$  の単-X線を入射したところ、入射X線と面の角度が  $19.1^\circ$ ,  $40.9^\circ$  のとき強く反射した。このときAuの格子定数  $a$  を求めよ

(b) 室温における抵抗率が  $1.49 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$  の一様な銀線がある。  
伝導電子密度を  $5.8 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$  とし、移動度  $\mu$  と緩和時間  $\tau$  を求めよ。  
また、フェルミエネルギー  $E_F$  を求めよ

## 問題2 (25点)

(a) P型半導体において濃度  $N_A$  のアクセプタだけが不純物として存在し、すべてイオン化していると仮定する。このとき、伝導電子濃度  $n$  と正孔濃度  $p$  を  $N_A$  と真性キャリア濃度  $n_i$  を用いて表せ。また  $N_A \gg n_i$  のときの  $n$  と  $p$  を示せ

(b) リズ平面に広がる厚さ  $\delta$  の超伝導体の板について考える。

この超伝導体板に外部から磁束密度  $B_0$  の磁界を  $y$  軸方向に印加するとき、以下の問いに答えよ。ただし、ロンドンの磁束侵入長を  $\lambda$  とする。

(i) 超伝導体板の中央を  $x=0$  とし、侵入方程式  $\nabla^2 B = \frac{1}{\lambda^2} B$  を用いて、超伝導体板の中の磁束密度  $B(x)$  を求めよ。

(ii) 超伝導体板の中の有効磁化  $M(x)$  を  $B(x) - B_0 = \mu_0 M(x)$  と定義する。  
 $\delta \ll \lambda$  のとき、 $M(x)$  を式で表せ

問題3 (25点) ドナー密度  $N_D$  とアクセプタ密度  $N_A$  が、いずれも  $10^{25} \text{ m}^{-3}$  の階段接合型のpn接合について以下の(a)(b)の設問に答えよ

(a) 遷移領域の厚さ  $d$  が

$$d = \left\{ \frac{2 \kappa \epsilon_0 (V_D - V) (N_D + N_A)}{e N_D N_A} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

となることを示せ。ただし、半導体中のドナーとアクセプタはすべてイオン化していると仮定し、印加電圧を  $V$ 、拡散電圧を  $V_D$ 、比誘電率を  $\kappa$  としを用い。

ポアソン方程式および境界条件を示して解くこと

(b) 遷移領域内の電界の最大値を求めよ。ただし、 $V = 0 \text{ V}$ ,  $V_D = 0.72 \text{ V}$ ,  $\kappa = 16$  とする

## 問題4(25点)

- (a) 誘電体球に外部電界  $E_0 = E_0 \mathbf{e}_z$  が印かけされたとき、誘電体球に一樣な分極  $\mathbf{P}$  が生じるとする。このとき誘電体の反電界係数(反分極因子)  $N_d$  を求めよ
- (b)  $L=0$ ,  $S=\frac{1}{2}$  の原子を  $1\text{ m}^3$  に  $N$  個含む常磁性ガスについて以下の問に答えよ
- (i) 磁場  $B$  中にあるとき、原子のエネルギーが2つの準位にゼーマン分裂している。温度  $T$  における磁化の強さ  $M$  を式で表せ
- ただし、熱平衡状態で各準位の分布はボルツマン因子  $\exp(-\frac{E}{k_B T})$  に比例するものとする
- (ii) (i)の結果を用いて
- $N=10^{28}\text{ m}^{-3}$ ,  $B=4\text{ T}$ ,  $T=4\text{ K}$  の場合の磁化の強さを求めよ