2006年前期　固体電子工学　中間試験　解答

１．（各5点　計20点）

(1) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$

(2) $3s^2\ 3p^2$ の価電子が４つの sp^3 混成軌道を作る。Si – Si 間ボンドにおいて sp^3 混成軌道からなる結合軌道に電子が２つ（上向きスピンと下向きスピン）ずつ入ることにより、電子のエネルギーが下がる。このエネルギーの差が結合エネルギーとなる。

(3) $N_A/28$ ＝2.15×10^{22} 個

(4) 1g の体積は $N_A/28 \times (0.543\times10^{-9})^3/8 = 4.3 \times 10^{-7}\ \mathrm{m^3}$
　　ウエハの体積 $= 0.5 \times 10^{-3} \times 3.14 \times (15 \times 10^{-2})^2 = 3.53 \times 10^{-5}\ \mathrm{m^3}$
　　従って、　$3.53\times 10^{-5} / 4.31 \times 10^{-7} = 82$ g

2.（20点）

格子の１辺の長さを a とすると。

単純立方格子の場合、球の半径は $a/2$、原子の占める体積 $= \dfrac{4\pi}{3}\left(\dfrac{a}{2}\right)^3 = \dfrac{\pi}{6}a^3$

面心立方格子の場合、球の半径は $\sqrt{2}a/4$、原子の占める体積 $= 4\times\dfrac{4\pi}{3}\left(\dfrac{\sqrt{2}a}{4}\right)^3 = \dfrac{\sqrt{2}\pi}{6}a^3$

従って、面心立方格子の方が、単純立方格子に比べ、原子の占有領域が $\sqrt{2}$ =1.41 倍大きい

3.（各10点　計20点）

(1) $n = z\rho\dfrac{N_A}{M}$

(2) 電子比熱　$C = \dfrac{\pi^2}{2}\dfrac{nk_B^2}{E_F}T$

フェルミ準位 $E_F = \dfrac{\hbar^2}{2m}\left(3\pi^2 n\right)^{2/3}$

Li の場合　$C = 1.73 \times 10^4$ J/m³/K

Na の場合　$C = 1.42 \times 10^4$ J/m^3/K

4.　（各 5 点　計 40 点）

(1) $\vec{a} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}a,\ -\frac{1}{2}a\right),\ \vec{b} = (0,\ a)$

(2) $\overrightarrow{g_1} = \left(\frac{2\sqrt{3}}{3}\frac{2\pi}{a},\ 0\right),\ \overrightarrow{g_2} = \left(\frac{\sqrt{3}}{3}\frac{2\pi}{a},\ \frac{2\pi}{a}\right)$

(3) D：m = 1, n = 1
　E：m = -2, n = -1

(4) DE を通る直線上の点は　$t\left(\vec{a}+\vec{b}\right)+\left(1-t\right)\left(-2\vec{a}-\vec{b}\right)=\left(3t-2\right)\vec{a}+\left(2t-1\right)\vec{b}$　である。t = 1/2 とおくことにより、DE を通る直線が a 軸を切る点は $-\vec{a}/2$、同様に t = 2/3 とおくことにより、b 軸を切る点は $\vec{b}/3$ である。従ってミラー指数は$\left(\bar{2}3\right)$

あるいは３つの指標を用いて$\left(\bar{2}3\bar{1}\right)$としてもよい。

(5) $\overrightarrow{G_{\bar{2}3}} = -2\overrightarrow{g_1}+3\overrightarrow{g_2} = \left(-\frac{\sqrt{3}}{3}\frac{2\pi}{a},\ 3\frac{2\pi}{a}\right)$ から面間隔は$d = 2\pi\Big/\left|\overrightarrow{G_{\bar{2}3}}\right| = \sqrt{\frac{3}{28}}a = \frac{\sqrt{21}}{14}a$

(6) $\alpha\vec{a}+\beta\vec{b} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}a\alpha,\ -\frac{1}{2}a\alpha+a\beta\right) = \left(\frac{\sqrt{3}}{3}a,\ 0\right)$から $\alpha = 2/3,\ \beta = 1/3$

(7) 白丸の点への距離　$r_{mn} = a\sqrt{\frac{3}{4}m^2+\left(-\frac{m}{2}+n\right)^2}$

黒丸の点への距離　$r_{mn} = a\sqrt{\frac{3}{4}\left(m+\frac{2}{3}\right)^2+\left(-\frac{m}{2}+n\right)^2}$

再隣接点との距離は　$\sqrt{3}a/3$ であるから

$$A=\frac{\sqrt{3}}{3}\left[\sum_{m,n}\frac{1}{\sqrt{\frac{3}{4}\left(m+\frac{2}{3}\right)^2+\left(-\frac{m}{2}+n\right)^2}}-\sum_{\substack{m,n\\(m=n=0\text{を除く})}}\frac{1}{\sqrt{\frac{3}{4}m^2+\left(-\frac{m}{2}+n\right)^2}}\right]$$

(8) $S_{hk}=1+e^{-2\pi i(2h+k)/3}$