

固体電子論 平成27年度中間試験

学籍 番号		氏 名	
----------	--	--------	--

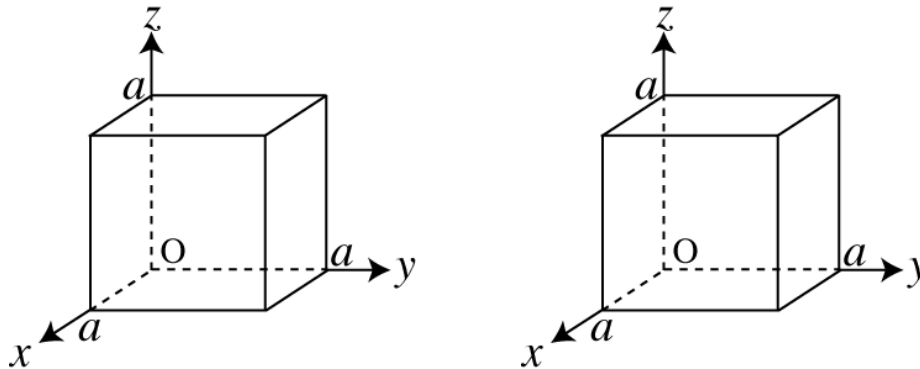
筆記用具、時計、以外のものは机上においてはけない。  
この問題用紙を無断でWEB等の媒体により不特定多数に公開する行為を禁止する。  
基礎物理定数は以下の値を用いること。

電子の静止質量  $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$  kg, 素電荷  $e = 1.60 \times 10^{-19}$  C,  
真空の誘電率  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$  C<sup>2</sup>N<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup> (F/m), ボルツマン定数  $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$  J/K

**1** Si 結晶は、2つの FCC 格子を組み合わせた構造を持ち、基本単位格子中に2個の Si 原子を含んでいる。

- (1) (a) この結晶は何構造と呼ばれる構造か？  
(b) 二つの FCC 格子を構成する元素がそれぞれ異なる場合には何構造と呼ばれるか？

(2) Si(110)面、Si(111)面をそれぞれ下図中に示せ。(aは格子定数)



(3) Siを室温でn型あるいはp型半導体にしたい。それぞれ不純物として何をどれくらい入れればよいか答えよ。

(4) Siの格子定数は0.54 nmである。Si結晶の原子密度 (m<sup>-3</sup>) を求めよ。

(5) Si結晶中の結合距離を格子定数aを用いて表せ。

**4** 授業後半に入るにあたって「質問」「感想」「意気込み」「反省」などがあれば記せ。

2 不純物としてアクセプター原子が密度  $N_A$  で添加されている半導体を考える。アクセプター原子近傍のホールは熱的にすべて価電子帯に励起されているとすると、系の電荷中性条件を示せ。なお、電子密度は  $n$ 、ホール密度は  $p$  とする。また、その条件をもとにホール密度  $p$  を  $N_A$  と真性キャリア密度  $n_i$  を用いて表せ。

3 電子は Fermi 粒子であり、その分布関数は熱平衡状態において、絶対温度  $T$  とエネルギー  $E$  を用いて

$$f(E) = \frac{1}{\exp\left(\frac{E - E_F}{k_B T}\right) + 1}$$

と表される (Fermi-Dirac 分布)。

(1)  $E_F$  は、何と呼ばれるものか？

(2)  $f(E)$  の概形を、 $T = 0$ ,  $T = \text{低温}$ ,  $T = \text{高温}$  について描け (同一グラフ中に示せ)。

(3)  $E - E_F \gg k_B T$  の状態に対しては、 $f(E)$  は以下のように近似できる。

$$f(E) \cong \exp\left(-\frac{E - E_F}{k_B T}\right)$$

(3-1) これは何と呼ばれる分布関数か？

(3-2)  $|E - E_F| = 2k_B T$ ,  $3k_B T$ ,  $4k_B T$  のとき、Fermi-Dirac 分布関数を上式で近似したときに生じる  
相対誤差はそれぞれいくらか答えよ。