

## 課題

プログラム作成ソフト Borland C++ Builder を用いて、ドナーとアクセプタが存在する半導体のフェルミ準位の温度依存性  $E_F(T)$ 、電子密度の温度依存性  $n(T)$ 、正孔密度の温度依存性  $p(T)$  を計算し、 $E_F(T)-1000/T$ 、 $n(T)-1000/T$  及び  $p(T)-1000/T$  のグラフを描き、結果をファイル(テキスト形式など)に保存できるプログラムを作成すること。また、ファイルからデータを読み込んで結果を表示できるようにすること。但し、計算する温度範囲は10 [K] から1000 [K] まで10 [K] 間隔とする。

半導体として Si (シリコン) を考え、条件 1 から確実に計算できるようにすること。

$$\text{条件 1 } \Delta E_{D1} = E_C - E_{D1} = 39 \text{ [meV] (Sb)}$$

$$N_{D1} = 1 \times 10^{16} \text{ [cm}^{-3}\text{]}$$

$$\Delta E_{A1} = E_{A1} - E_V = 45 \text{ [meV] (B)}$$

$$N_{A1} = 1 \times 10^{10} \text{ [cm}^{-3}\text{]}$$

但し、 $E_C$  : 伝導帯のエネルギー準位、 $E_V$  : 価電子帯のエネルギー準位

$E_{D1}$  : ドナー準位、 $E_{A1}$  : アクセプタ準位

$N_{D1}$  : ドナー密度、 $N_{A1}$  : アクセプタ密度

とする。

## ヒント

以下の式より各温度での  $E_F$  を求める。但し、 $E_V = 0$  とする(基準)。

電荷中性条件

$$n + N_A^- = p + N_D^+$$

$$n = N_C \exp\left(-\frac{E_C - E_F}{kT}\right)$$

$$p = N_V \exp\left(-\frac{E_F - E_V}{kT}\right)$$

$$N_A^- = N_A f(E_A)$$

$$N_D^+ = N_D \{1 - f(E_D)\}$$

フェルミ-ディラック分布関数

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

但し、 $N_C$  : 伝導帯の有効状態密度、 $N_V$  : 価電子帯の有効状態密度、 $N_D$  : ドナー密度、 $N_A$  : アクセプタ密度、 $k$  : ボルツマン定数、 $T$  : 絶対温度とする。

因みに300 [K] における Si のバンドギャップエネルギー  $E_G = E_C - E_V = 1.12$  [eV] である。