

## 松浦研究室 プログラム課題

### 課題

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、ファイルに保存できるプログラムを作成すること。

次に、ファイルからデータを読み込んで、 $E_F(T)-1000/T$ 、 $n(T)-1000/T$ 及び  $p(T)-1000/T$ のグラフを描けるプログラムを作成すること。

使用するプログラム作成ソフトは、Borland C++ Builder を用いて、Windows アプリケーションを作成すること。

但し、10[K]から 1000[K]まで 10[K]間隔で計算すること。

半導体として Si を考え、条件 1 から確実に計算できるようにすること。

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

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

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

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

### ヒント

$$\text{電荷中性条件} \quad n + N_A^- = p + N_D^+$$

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

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

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

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

$$\text{フェルミ-ディラック分布関数 } f(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_F}{kT}\right)}$$

但し、 $N_D$ :ドナー密度、 $N_A$ :アクセプタ密度、 $k$ :ボルツマン定数、 $T$ :温度とする  
これら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)。

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