

# 1 真性半導体

真性半導体のバンド構造は、Fig. 1 に示すようなものである。ここで、バンドギャップが大きいと絶縁体となる<sup>1</sup>。価電子帯の電子が伝導帯に遷移することにより半導体はわずかながら電気伝導性を示すが、この

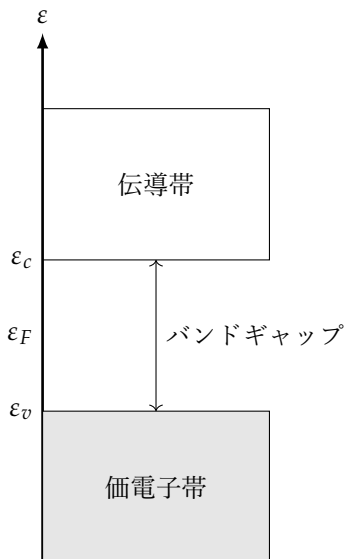


Fig. 1: 真性半導体のバンド構造

ときに必要となるエネルギーは 300 K 程度で十分である。

## 1.1 フェルミ準位

電子密度  $n$  とホール密度  $p$  はそれぞれ

$$\begin{cases} n = N_c(T) \exp\left(\frac{\epsilon_F - \epsilon_c}{k_B T}\right) \\ p = N_v(T) \exp\left(\frac{\epsilon_v - \epsilon_F}{k_B T}\right) \end{cases}$$

と表される<sup>2</sup>。ただし、

$$\begin{cases} N_c(T) = 2 \left(\frac{m_e^* k_B T}{2\pi\hbar^2}\right)^{3/2} \\ N_v(T) = 2 \left(\frac{m_h^* k_B T}{2\pi\hbar^2}\right)^{3/2} \end{cases}$$

<sup>1</sup>約 5 eV  $\approx$  248 nm 程度が境界の目安。

<sup>2</sup>この導出の詳細は教科書を参照 (pp. 110ff)

は有効状態密度である。フェルミ準位においてはこれらは等しいので、

$$\begin{aligned}
 N_c(T) \exp\left(\frac{\varepsilon_F - \varepsilon_c}{k_B T}\right) &= N_v(T) \exp\left(\frac{\varepsilon_v - \varepsilon_F}{k_B T}\right) \\
 \exp\left(\frac{\varepsilon_F - \varepsilon_c}{k_B T} - \frac{\varepsilon_v - \varepsilon_F}{k_B T}\right) &= \frac{N_v(T)}{N_c(T)} \\
 \exp\left(\frac{2\varepsilon_F - (\varepsilon_v + \varepsilon_c)}{k_B T}\right) &= \left(\frac{m_h^* k_B T}{m_e^* k_B T}\right)^{3/2} \\
 \frac{2\varepsilon_F - (\varepsilon_v + \varepsilon_c)}{k_B T} &= \frac{3}{2} \ln\left(\frac{m_h^*}{m_e^*}\right) \\
 2\varepsilon_F &= (\varepsilon_v + \varepsilon_c) + \frac{3}{2} k_B T \ln\left(\frac{m_h^*}{m_e^*}\right) \\
 \varepsilon_F &= \frac{\varepsilon_v + \varepsilon_c}{2} + \frac{3}{4} k_B T \ln\left(\frac{m_h^*}{m_e^*}\right)
 \end{aligned}$$

を得る。右辺第2項は  $m_e^* = m_h^*$  のとき0になり、 $m_e^* \neq m_h^*$  であっても第1項より十分に小さいため、フェルミ準位はバンドギャップの中央に位置する。