

3-5 不純物半導体の少数キャリア密度

・半導体のキャリア密度とフェルミ準位

半導体のフェルミ準位の位置およびキャリア密度(電子密度、正孔密度)について整理する(図1参照)。

真性半導体

- ・フェルミ準位の位置は禁制帯のほぼ中央。
- ・電子密度 n と正孔密度 p は等しい。

n 型半導体

- ・フェルミ準位は伝導帯のすぐ下に位置する。
- ・伝導帯における電子密度は高い。
- ・価電子帯における正孔密度は低い。

p 型半導体

- ・フェルミ準位は価電子帯のすぐ上に位置する。
- ・価電子帯における正孔密度は高い。
- ・伝導帯における電子密度は低い。

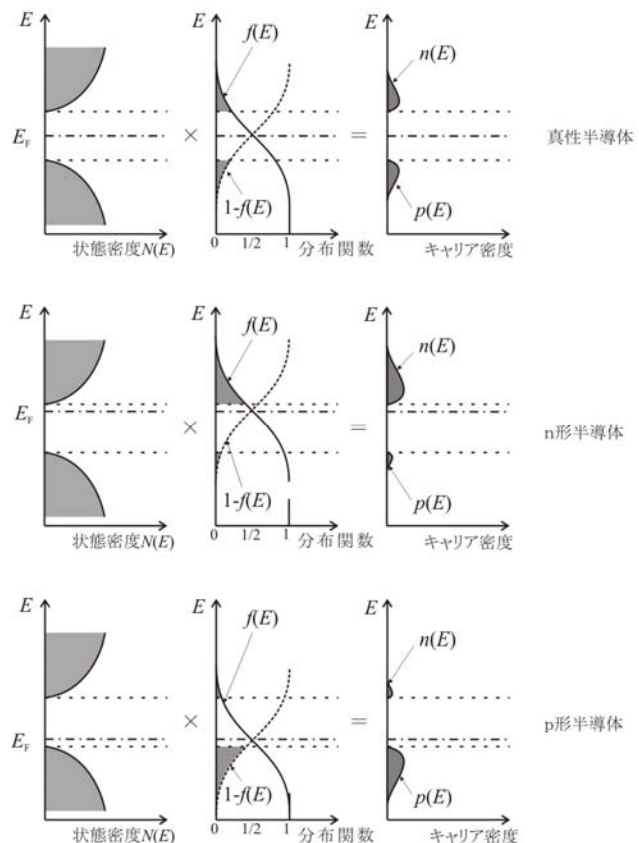


図1 半導体のフェルミ準位とキャリア密度

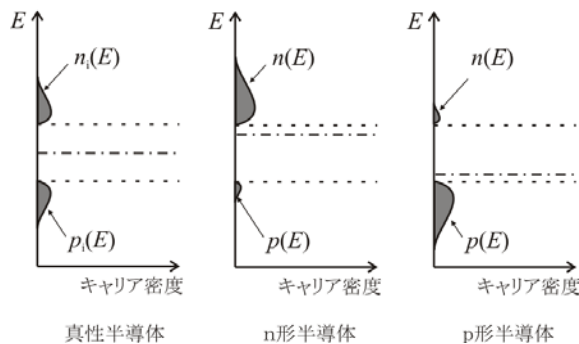


図2 キャリア密度

図2に真性半導体および不純物半導体のキャリア密度の違いを示す。

電子密度 n と正孔密度 p の積 np は

$$np = N_C N_V e^{-\frac{E_G}{kT}} = n_i^2 \quad \cdots (3.29)$$

ただし、 n_i は真性キャリア密度である。

np 積は温度で決まる一定値となり、不純物密度に依存しない。不純物をドーピングすると E_F が変化して n および p が変わるが、それらの積 np は変化しない。(3.29)式の関係式が成立する状態を**熱平衡状態**という。

Si の場合、 $T=300\text{K}$ において

$$np = n_i^2 = (1.5 \times 10^{16})^2 \text{ m}^{-6} \quad \text{for Si}$$

飽和温度では n 形半導体の場合、 $n \cong N_D$ なので

$$p = \frac{n_i^2}{N_D} \quad \cdots (3.31)$$

p 形半導体の場合は $p \cong N_A$ なので

$$n = \frac{n_i^2}{N_A} \quad \cdots (3.32)$$