



基礎電子工学 2009

No. 1

問1, 真性半導体は, 半導体結晶の結合を, 光や熱などのエネルギーを与えることで切り, 電子と正孔を生成する。

n型半導体は, n型不純物がドーパされることで, 価電子が余る。この価電子に光や熱などのエネルギーを与え, 結合を切ることで電子を生成する。

p型半導体は, p型不純物がドーパされることで, 共有結合ではない価電子が出てくる。この価電子に光や熱などのエネルギーを与え結合を切ることで, 正孔を生成する。

問2, n型半導体のp, nについて

$$n = \frac{1}{2} \left\{ N_D + \sqrt{N_D^2 + 4n_i^2} \right\} \xrightarrow{\text{近似的に}} n \doteq N_D$$

$$pn = n_i^2 \text{ より}$$

$$p = \frac{n_i^2}{n} \xrightarrow{\text{近似的に}} p \doteq \frac{n_i^2}{N_D}$$

$$\uparrow N_D \gg n_i \text{ だと}$$

$$\approx 10^5$$

$$N_D = 1 \times 10^{15}$$

$$n_i = 1 \times 10^{16}$$

p型半導体のp, nについて

$$p = \frac{1}{2} \left\{ N_A + \sqrt{N_A^2 + 4n_i^2} \right\} \xrightarrow{\text{近似的に}} p \doteq N_A$$

$$n = \frac{n_i^2}{p} \xrightarrow{\text{近似的に}} n \doteq \frac{n_i^2}{N_A}$$

$$\uparrow N_A \gg n_i$$

(1) ホウ素(3価)をドーパ → p型半導体

$$N_A = 1 \times 10^{17}$$

$$n_i = 1 \times 10^{16}$$

$$p = \frac{1}{2} \left\{ 1 \times 10^{17} + \sqrt{(1 \times 10^{17})^2 + 4(1 \times 10^{16})^2} \right\}$$

$$= \frac{1}{2} (1 \times 10^{17} + 1 \times 10^{17}) \quad 1.098 \times 10^{17}$$

$$= 1 \times 10^{17}$$

$$n = \frac{(1 \times 10^{16})^2}{1 \times 10^{17}} = 1 \times 10^{15}$$



(2) $N_D > (5 \text{個}) \rightarrow n \text{型半導体}$

$$\begin{aligned} n &= \frac{1}{2} \left\{ N_D + \sqrt{N_D^2 + 4n_i^2} \right\} \\ &= \frac{1}{2} \left\{ 1 \times 10^5 + \sqrt{(1 \times 10^5)^2 + 4(1 \times 10^{16})^2} \right\} \\ &= \frac{1}{2} \left(1 \times 10^5 + \frac{2 \times 10^{16}}{1 \times 10^{16}} \right) \\ &= 1 \times 10^{16} \end{aligned}$$

$$p = \frac{n_i^2}{n} = \frac{(1 \times 10^{16})^2}{1 \times 10^{16}} = 1 \times 10^{16}$$

問3, (1) $n = \int_{E=E_c}^{E=\infty} g_n(E) \cdot f_n(E) dE$

$$(2) n = N_c f_n(E_c) \doteq N_c \exp \left\{ -(E_c - E_f) / kT \right\}$$

g_n : 状態密度

f_n : 電子の占有確率

E_f : フェルミ準位

E_c : 伝導帯の最低エネルギー

N_c : 伝導帯の実効状態密度

k : ボルツマン定数

T : 絶対温度



問4,

(1) $v = \mu E$

v : ドリフト速度
 μ : ドリフト移動度
 E : 半導体試料にかかる電界

ドリフトを起している電子の平均速度。

(2) $v_{th} = \sqrt{\frac{3kT}{m_e}}$

k : ボルツマン定数
 T : 絶対温度
 m_e : 電子の質量
 v_{th} : 熱速度

電子の平均速度。

(3) $\frac{1}{\sigma} = \frac{1}{q n_i (\mu_n + \mu_p)}$

q : 電荷
 n_i : キャリア密度
 μ_n, μ_p : ドリフト移動度
 σ : 導電率

真性半導体の電気の通しやすさ。抵抗率の逆数

(4) $J_{Dn} = -q D_n \left(-\frac{dn}{dx} \right) = q D_n \frac{dn}{dx}$

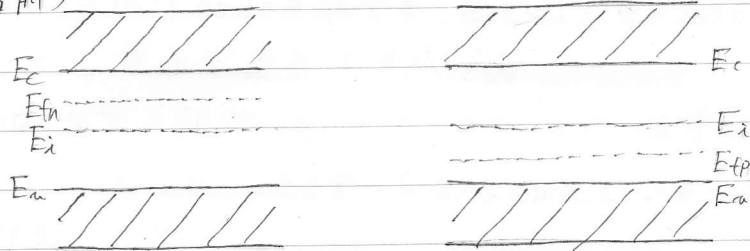
q : 電荷
 D_n : 電子の拡散定数
 $\frac{dn}{dx}$: 電子濃度の勾配
 J_{Dn} : 拡散電流

キャリア濃度に分布があると、
その濃度差を埋めるように流れる電流。

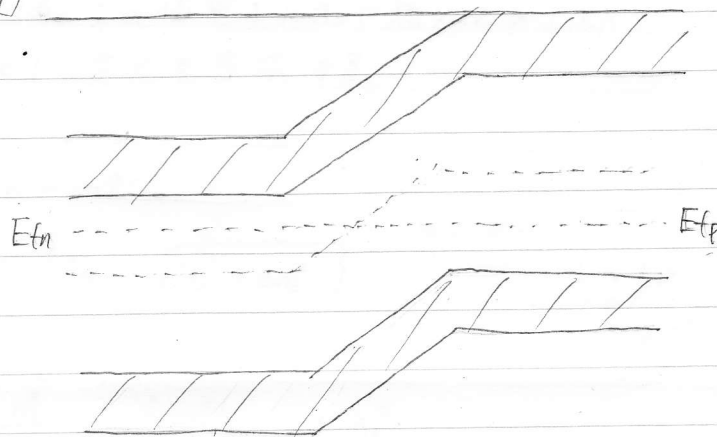


問 5,

(接合前)



(接合後)



理由: p型半導体の中の正孔は - 電極側に, n型半導体の中の電子は + 電極側に引っ張られる。

p → n の方向に電流を流す場合には, 正孔と電子が pn の接合面の方向に動き, 接合面で正孔と電子がぶつかり消滅するようにして電気が流れる。

逆に, n → p の方向に電流を流す場合には, 正孔と電子が pn の接合面とは逆の方向に動き, 正孔と電子が離れた場所 (ダイオードの端と端) に存在するようになる。

こうすると, 電流は流れない。