01 29/08/2005

a) $E_F = ?$

$$E_F = \frac{(3\pi^2 N)^{2/3} (\hbar)^2}{2m^*} = \frac{(3.\pi^2 . 8.10^{28})^{2/3} \left(\frac{6,62}{2\pi} . 10^{-34}\right)^2}{2.(9,1 . 10^{-31})} = 1,08.10^{-18} J$$

$$E_F = \frac{1,08.10^{-18}}{1,6.10^{-19}} = 6,7 eV$$

b)

$$\frac{1}{2} m V_F^2 = E_C = E_F \Rightarrow V_F = \sqrt{\frac{2.E_F}{m}} = \sqrt{\frac{2.1,08.10^{-18}}{9,1.10^{-31}}} = \boxed{1,5.10^6 m/s}$$

c) $J = \sigma . E$; $\sigma = \frac{e^2 N \tau}{m^*}$ $\Rightarrow J = \sigma E \Rightarrow E = \frac{J}{\sigma}$

$$V_x = \frac{e E \tau}{m^*} = \frac{e J \tau}{m^* \sigma} = \frac{\cancel{e} . I \cancel{\tau}}{\cancel{m^*} A} . \frac{\cancel{m^*}}{e^{\cancel{2}} N \cancel{\tau}} \Rightarrow \boxed{V_x = \frac{I}{NeA}}$$

$$V_x = \frac{10}{8.10^{28}.1,6.10^{-19}.10^{-6}} = 7,8.10^{-4} m/s$$

d)

A velocidade de deriva é várias ordens de grandeza menor que a velocidade v_F de movimento de elétrons entre 2 colisões. Em outras palavras, o movimento de deriva é muitíssimo mais lento que o movimento aleatório do elétron entre uma colisão e outra.

2)

a) Como a tensão de hall é negativa, os portadores majoritários são elétrons, logo o semicondutor é do tipo "n".

b)

$$V_H = E_y \cdot W \;;\quad E_y = \frac{J_x \cdot B_z}{e \cdot N} \Rightarrow \frac{V}{W} = \frac{i\, B_z}{A e N} \Rightarrow \frac{1}{N} = \frac{V_H A e}{W i \cdot B_z} \Rightarrow N = \frac{W \cdot i \cdot B_z}{V_H A e}$$

$$N = \frac{\cancel{W} \cdot \cancel{10^{-2}} \cdot \cancel{10^{-1}}}{\cancel{100 \cdot 10^{-6}} \cdot t \cdot \cancel{W} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow N = \frac{10^{-4}}{1{,}6 \cdot 10^{-27}} = 0{,}625 \cdot 10^{23} = 6{,}25 \cdot 10^{22}\, m^{-3} = 6{,}25 \cdot 10^{16}\, cm^{-3}$$

$100 \cdot 10^{-6}$

c)

$$J_x = e N \mu_n E_x \Rightarrow \mu_n = \frac{J_x}{e N E_x} \;;\quad V_{CD} = E_x \cdot L \Rightarrow E_x = \frac{V_{CD}}{L}$$

$$\boxed{\mu_n = \frac{i_x L}{e A V_{CD} N}}$$

$$\mu_n = 0{,}133\, m^2/V \cdot s \Rightarrow \boxed{\mu_n = 1333\, cm^2/V \cdot s} \rightarrow \text{Silício}$$

d) Cheque a tensão transversal (Y) ao semicondutor que esteja sendo percorrido por uma corrente. Caso exista um campo magnético na direção z, a tensão na direção Y será diferente de 0.

3) $N_d \sim n_0 = 10^{16}\ cm^{-3}$

a) $E_F = E_i + K_B T \ln\left(\frac{N_d}{n_i}\right) \Rightarrow E_F - E_i = 26 . 10^{-3} \ln\left(\frac{10^{16}}{10^{7}}\right) \Rightarrow E_F - E_i = 0{,}54\,eV$

b) $\rho_n = \frac{1}{\sigma_n} = \frac{1}{e . n_0 . \mu_n} = \frac{1}{10^{-19} . 1{,}6 . 10^{16} . 8600} = \boxed{7{,}2 . 10^{-4}\ \Omega . m}$

c) Degenerado $\rightarrow$ $N_d \simeq N_c$. $E_F \simeq E_c$

$N_c = 2\left(\frac{m^* K_B T}{2\pi \hbar^2}\right)^{3/2} = 2 . \left(\frac{0{,}068 . 9{,}1 . 10^{-31} . 1{,}38 . 10^{-23} . 300 . \cancel{2\pi}}{\cancel{2\pi} . (6{,}62 . 10^{-34})^2}\right)^{3/2} = \boxed{4{,}46 . 10^{17}\ cm^{-3}}$

4) Índio, família 3A aceitador

a) $p_0 \simeq N_a$ $\quad n_0 \simeq \frac{n_i^2}{N_a}$

$\boxed{p_0 = 5 . 10^{16}\ cm^{-3}}$ $\quad n_0 = \frac{(2{,}5 . 10^{13})^2}{5 . 10^{16}} = \boxed{1{,}25 . 10^{10}\ cm^{-3}}$

b)

$E_F = E_i - K_B T \ln\left(\frac{N_d}{n_i}\right) \Rightarrow E_F - E_i = -26\ 10^{-3} \ln\left(\frac{5 . 10^{16}}{2{,}5 . 10^{13}}\right) = -0{,}026 . 7{,}6 \Rightarrow \boxed{E_F - E_i \simeq -0{,}2\,eV}$

c)

$N_a \simeq n_i$ ← Intrínseco

$n_i^2 = p_0^2 = N_c N_v\, e^{\frac{-(E_g)}{K_B T}} \Rightarrow \ln\left(\frac{n_i^2}{N_c N_v}\right) = \frac{-E_g}{K_B T} \Rightarrow T = \frac{-E_g\, Q}{K_B} . \frac{1}{\ln\left(\frac{n_i^2}{N_c N_v}\right)} = \frac{0{,}68 . 1{,}6 . 10^{-19}}{1{,}38 . 10^{-23}} . 1 / \ln\left(\frac{(5 . 10^{16})^2}{1{,}04 . 10^{19} . 6{,}1 . 10^{18}}\right)$

$T = 7884 . 0{,}1 \Rightarrow \boxed{T = 788{,}4\,K}$

d)

Não. Como o semicondutor é do tipo p, quanto maior a dopagem mais perto ele fica de E_v, então ele nunca se aproximará de E_c.

$e n_i(\mu_n + \mu_p) = 1{,}6 . 10^{-19} . 2{,}5 . 10^{19}(0{,}39 + 0{,}19) \Rightarrow 2{,}32 \ \Omega m^{-1}$

$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{A} = \frac{1}{2{,}32} \cdot \frac{10^{-2}}{1 . 10^{-6}} = 4{,}3 K\Omega$

b)

$n_i'^2 = N_c N_v e^{\frac{-(E_g)e}{K_B T}} \Rightarrow n_i'^2 = 1{,}04 . 10^{19} . 6{,}1 . 10^{18} e^{\frac{-(0{,}68) . 1{,}6 . 10^{-19}}{1{,}38 . 10^{-23} . 400}} \Rightarrow n_i'^2 = 3{,}12 . 10^{29} \Rightarrow$ $6{,}34 . 10^{37}$

$n_i' = 5{,}6 . 10^{14} cm^{-3}$

$\sigma' = e n_i' (\mu_n + \mu_p) = 1{,}6 . 10^{-19} . 5{,}6 . 10^{20} (0{,}39 + 0{,}19) \cong 52 \ \Omega m^{-1}$

$R = \frac{1}{\sigma'} \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow R = \frac{1}{16{,}14} \cdot 10^{4} = \cancel{1}92 \Omega$

c)

$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow R = \frac{10^{+4}}{e \mu_n N} \Rightarrow N = \frac{10^{+4}}{R e \mu_n} = \frac{10^{\cancel{+4}\ 3}}{\cancel{10} . 1{,}6 . 10^{-19} . 0{,}39} = 1{,}6 . 10^{22} m^{-3} = 1{,}6 . 10^{16} cm^{-3}$

d)

$N_d >> n_i$ entao $R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{A} = \frac{1}{e \mu_n N} \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow R = \frac{1}{1000} \cdot 10^{4} = 10 \Omega$