PARTIEL 25/05/2021

Exercice 1.

1) Motif : 1 atome Ga $(0,0,0)$ et 1 atome As $(\frac{1}{4},\frac{1}{4},\frac{1}{4})$

Vecteurs de base $\vec{a_1} = \frac{a}{2}(\vec{i}+\vec{j})$ $\vec{a_2} = \frac{a}{2}(\vec{i}+\vec{k})$ $\vec{a_3} = \frac{a}{2}(\vec{j}+\vec{k})$

2) GaAs et Si ont la même structure cristalline, avec 2 atomes dans la maille elementaire : Ga et As ou Si et Si.

3) Ga. $n=4$ 2 electrons s et 1 electron P $\Rightarrow$ 3 électrons de valence

As. — 2 — 3 — $\Rightarrow$ 5 electrons —

4) Ga est de la colonne III du tableau periodique, avec $3e^-$ de valence As, de la colonne V avec $5e^-$ de valence.

5) 8N electrons à placer

2N electrons par bande } 4 bandes pleines

Donc l'énergie de Fermi se situe en $E = 0\,eV$.

6) Semiconducteur direct : le haut de la bande de valence et le bas de la bande de conduction sont au même abscisse Γ.

7) $E_G = 1{,}4\,eV - 0\,eV = 1{,}4\,eV$ environ

PARTIEL 25/05/2021.

Exercice 2.

1) $\sigma_0 = \mu_1 e n_1$ avec $n_1 = n$.

A.N. $\sigma_0 = \dfrac{7500\ cm^2}{V} \times 1{,}6.10^{-19}\ C \times 10^{14}\ cm^{-3}$

$\sigma_0 \simeq 0{,}12\ \Omega^{-1}\ cm^{-1} \simeq 12$ Siemens

2) $R_B = \dfrac{d}{\sigma_0\, a^2}$

A.N. $R_B \simeq \dfrac{0{,}1\ .\ 10^{-3}}{12\ .\ (10^{-3})^2} \simeq 8{,}3\ \Omega$

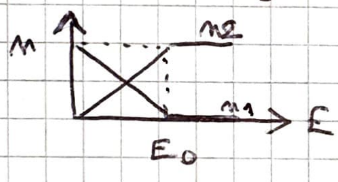
3) $\sigma = \dfrac{n_1 e^2 \tau}{m_1} + \dfrac{n_2 e^2 \tau}{m_2}$

$\sigma = \dfrac{n_1 e^2 \tau}{0{,}07\, m_e} + \dfrac{n_2 e^2 \tau}{m_e} \times \dfrac{0{,}07}{0{,}07}$

$\sigma = \dfrac{e^2 \tau}{0{,}07 m_e} (n_1 + 0{,}07\, n_2)$

$\sigma = e \mu_1 (n_1 + 0{,}07\, n_2) \Rightarrow x_1 = 1\ ;\ x_2 = 0{,}07$

4) $(n_2 = n \frac{E}{E_0})$ $\quad n_1 = n - n_2 = n\left(1 - \frac{E}{E_0}\right)$



5) $E > E_0$ $\quad \sigma \overset{(E>E_0)}{=} e \mu_1 (0 + 0{,}07\, n) = 0{,}07\, e \mu_1 n$

$\sigma(E > E_0) = 0{,}07\, \sigma_0$

6) $\sigma(E<E_0) = e \mu_1 \left(n\left(1 - \frac{E}{E_0}\right) + 0{,}07\, n \frac{E}{E_0} \right)$

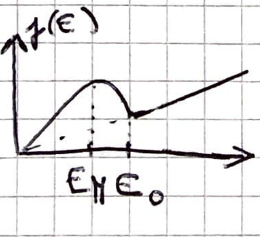
$= e \mu_1 n \left(1 - 0{,}93 \frac{E}{E_0}\right)$

7) $j = \sigma E = (k_1 - k_2 E).E = k_1 E - k_2 E^2 \quad (E < E_0)$

$= k_3 E \quad (E > E_0)$

8) j_{max} pour $\dfrac{dj}{dE} = 0 = k_1 - 2 k_2 E_M \Rightarrow E_M = \dfrac{k_1}{2 k_2}$

9)



même comportement $j(E)$ et $I(V)$ fig 3.

→ le modèle à 2 populations électronique rend compte de l'effet Gunn.

10) $j = I/a^2$, $E = V/d \Rightarrow j(E) \propto I(V)$

PARTIEL 25/05/2021

Exercice 3.

1) $n_i = \sqrt{np} = \sqrt{N_c N_v} \exp\left(-\frac{E_g}{2k_BT}\right)$ (avec $E_g = E_c - E_v$)

$n_i = \left(\frac{m_1}{m_e}\right)^{3/4} \left(\frac{m_h}{m_e}\right)^{3/4} N_0 \exp\left(-\frac{E_g}{2k_BT}\right)$

$n_i = (0,07)^{3/4} (0,5)^{3/4} . 2.10^{19} \exp\left(-\frac{1,424}{2 \times 0,025}\right)$ (cm^{-3})

$\underline{\underline{n_i = 6,9 \; 10^5 /cm^3}}$

2) $\rho_i = \frac{1}{ne\mu_e + pe\mu_h} = \frac{1}{n_i e(\mu_e + \mu_h)} \simeq \frac{1}{6,9.10^5 \frac{}{cm^3} \times 1,6.10^{-19} \times 7900 \frac{cm^2}{V}}$

$\rho_i = 1,14.10^9 \, \Omega \, cm = \underline{\underline{1,14.10^7 \, \Omega m}}$.

3) $np = n_i^2$ $\quad p \approx N_D \quad n \approx \frac{n_i^2}{N_D}$ $\quad \rightarrow p = 1,6.10^{19} /cm^3$

$n = 3.10^{-8} /cm^3$.

4) $\rho_d = \frac{1}{ne\mu_e + pe\mu_h}$

$pe\mu_h >> ne\mu_e \rightarrow \rho_d = \frac{1}{pe\mu_h} = \frac{1}{1,6.10^{19} \times 1,6.10^{-19} \times 400} \, \Omega cm$

$\rho_d = 9,77.10^{-4} \, \Omega cm = \underline{\underline{977 \, \mu\Omega cm}}$.

$\rho_d \ll \rho_i$: le dopage augmente la conductivité

5) Il n'y a pas d'absorption optique possible pour des énergies de photon inférieures au gap.

6) $\lambda_c = \frac{hc}{E_G}$.

$\lambda_c = 871 nm$ (Absorption optique pour $\lambda < \lambda_c$.)

7) Avec le dopage, l'absorption optique devient non nulle pour les énergies inférieures au gap.

En effet, le dopage donne lieu à l'apparition d'états supplémentaires dans la bande interdite.