

La jonction pn

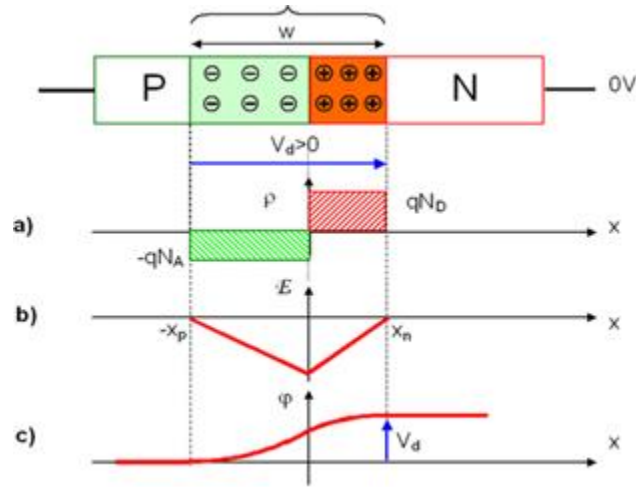


Figure EC3 : Jonction PN à l'équilibre thermodynamique. a) Charge d'espace, b) Champ électrique, c) Potentiel électrostatique.

On donne :

1-Tracer le diagramme énergétique de la jonction pn

2- Montrer que : $V_d = \frac{k_B T}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right)$

3-Sachant que la distribution de la charge est :

$$\rho(x) = \begin{cases} 0 & x < -x_p \\ -|q|N_A & -x_p < x < 0 \\ |q|N_D & 0 < x < x_n \\ 0 & x > x_n \end{cases}$$

En utilisant $E(x) = \int \frac{\rho(x) dx}{\epsilon}$

Montrer l'expression du champ électrique en fonction de x, E(x)

$$\rho(x) = \begin{cases} 0 & x < -x_p \\ \frac{-|q|N_A x}{\epsilon} + C_1 & -x_p < x < 0 \\ \frac{|q|N_D x}{\epsilon} + C_2 & 0 < x < x_n \\ 0 & x > x_n \end{cases}$$

Utiliser la continuité de E(x) aux points $-x_p$ et x_n et montrer que :

$$E(x) = \begin{cases} 0 & x < -x_p \\ \frac{-|q|N_A}{\epsilon} (x + x_p) & -x_p < x < 0 \\ \frac{|q|N_D}{\epsilon} (x - x_n) & 0 < x < x_n \\ 0 & x > x_n \end{cases}$$

En utilisant $V(x) = - \int E(x) dx$

4-Montrer l'expression du potentiel électrique en fonction de x, V(x)

$$V(x) = \begin{cases} V_p & x < -x_p \\ \frac{|q|N_A}{\epsilon} (x + x_p)^2 + \dot{C}_1 & -x_p < x < 0 \\ -\frac{|q|N_D}{\epsilon} (x - x_n)^2 + \dot{C}_2 & 0 < x < x_n \\ V_n & x > x_n \end{cases}$$

Ou V_p et V_n sont des constantes.

Utiliser la continuité de V(x) aux points $-x_p$ et x_n et en prenant $V_p = 0, V_n = V_d$ montrer que :

$$V(x) = \begin{cases} 0 & x < -x_p \\ \frac{|q|N_A}{\epsilon} (x + x_p)^2 & -x_p < x < 0 \\ -\frac{|q|N_D}{\epsilon} (x - x_n)^2 + V_d & 0 < x < x_n \\ V_d & x > x_n \end{cases}$$

5-En utilisant la continuité de E(x) e V(x) au point x=0

Montrer que

$$\begin{cases} N_A x_p = N_D x_n \\ \frac{|q|N_A}{\epsilon} (x_p)^2 = -\frac{|q|N_D}{\epsilon} (x_n)^2 + V_d \end{cases}$$

Deux équations aux inconnus : x_p et x_n trouver x_p et x_n

$$\text{Montrer que } W = x_p + x_n = \sqrt{\frac{2\epsilon}{q} \left(\frac{N_A + N_D}{N_A N_D} \right) V_d}$$

6-Application numérique :

Une jonction PN abrupte au (Si) est dopée d'un côté avec $2 \cdot 10^{14}$ atomes de Bore (3 électrons de valence) par cm^3 et de l'autre côté avec $5 \cdot 10^{15}$ atomes de Phosphore (5 électrons de valence) par cm^3 . Si $E_g = 1,12 \text{ eV}$ à $T = 300^\circ \text{K}$, $m_c^*/m_e = 1.06$ et $m_v^*/m_e = 0.59$, et $\epsilon_r = 11,8$, $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$ calculer :

($\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$)

1. La concentration intrinsèque n_i ?
2. La concentration en majoritaires et minoritaires de chaque côté ?
3. Le potentiel de diffusion V_d ?
4. La largeur de la ZCE ?
- 5-donner la valeur de $E_f - E_{fi}$ dans les zones neutres.
- 6- Déterminer les résistances R_n et R_p des zones N et P de la diode ($L_n = L_p = 100 \mu\text{m}$), $s = 1 \text{ mm}^2$, $\mu_n = 0.14 \text{ m}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ et $\mu_p = 0.05 \text{ m}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$