Simulation du régime transitoire d'une jonction P-N

Adrien "Ardakaniz" Renaudineau

8 mai 2022

On veut étudier le comportement des charges d'un semiconducteur lors de l'établissement d'une jonction P-N, à une dimension.

Les deux processus mis en jeu sont la diffusion des électrons vers les trous et inversement ainsi que l'action du champ électrique généré par ces charges.

On va résoudre l'équation de conservation de la charge pour en déduire l'évolution.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial j_{\text{tot}}}{\partial x} = 0 \tag{1}$$

Or j_{tot} se décompose en deux termes :

— $j_{\text{conduc}} = \rho v$

— $j_{\text{diff}} = -D\frac{\partial \rho}{\partial x}$

Pour simplifier la résolution, on suppose que le temps caractéristique de l'effet du changement de champ sur la vitesse des charges est négligeable devant le temps caractéristique des processus mis en jeu (voir A).

On a alors $v = \pm \mu E$ où μ est la mobilité des porteurs de charges (positif pour les trous, négatif pour les électrons).

Finalement :

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \rho}{\partial t} &= \mp \frac{\partial \rho \mu E}{\partial x} + D\frac{\partial^2 \rho}{\partial x^2} \\
\frac{\partial \rho}{\partial t} &= \mp \mu \frac{\partial \rho}{\partial x} E(x,t) \mp \mu \rho(x,t) \frac{\partial E}{\partial x} + D\frac{\partial^2 \rho}{\partial x^2} \\
\frac{\partial \rho}{\partial t} &= \mp \mu \frac{\partial \rho}{\partial x} E(x,t) \mp \frac{\mu}{\epsilon} \rho(x,t)\rho_{\text{tot}}(x,t) + D\frac{\partial^2 \rho}{\partial x^2}
\end{aligned}$$

Enfin, on a : $\rho = (\pm e)N$ d'où

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \mu \frac{\partial n}{\partial x} E(x,t) + \frac{\mu}{\epsilon}\rho_{\text{tot}} n(x,t) + D\frac{\partial^2 n}{\partial x^2} \tag{2}$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\mu \frac{\partial p}{\partial x} E(x,t) - \frac{\mu}{\epsilon}\rho_{\text{tot}} p(x,t) + D\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \tag{3}$$

A Approximation utilisée

Modèle de Drude :

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{\tau} v(x,t) = \frac{q}{m} E(x,t)$$

où τ est relié au durée entre deux chocs de la charge sur les ions du réseau.

On note T le temps caractéristique des processus mis en jeu i.e. le temps caractéristique de changement de E.

Ici on fait donc l'hypothèse que $T \gg \tau$ et on peut donc dire à tout instant t que $v(x,t) = \frac{q\tau}{m} E(x,t)$. En posant $\mu \overset{\text{def}}{=} \frac{e\tau}{m}$, on retrouve la relation $v = \pm \mu E$.