

# Física III A - Guía N<sup>o</sup> 10

## Transporte Ambipolar

---

- 1) Un semiconductor, en equilibrio térmico, tiene una concentración de huecos de  $p_0 = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y una concentración intrínseca de  $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ . El tiempo de vida de los portadores minoritarios es  $2 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ .
- Determine la velocidad de recombinación de electrones en equilibrio térmico.
  - Determine el cambio en la velocidad de recombinación de los electrones si existe un exceso de  $\delta n = 10^{12} \text{ cm}^{-3}$  en la concentración de electrones

- 2) Suponga que un semiconductor tipo  $n$  es iluminado uniformemente, produciendo una velocidad de generación en exceso uniforme  $g'$ . Mostrar que el cambio en la conductividad en estado estacionario del semiconductor esta dado por

$$\Delta\sigma = q(\mu_n + \mu_p)\tau_{p0}g' \quad (1)$$

- 3) Un semiconductor tipo  $n$  de Arseniuro de Galio está dopado con  $N_d = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y  $N_a = 0$ . El tiempo de vida de los portadores minoritarios es  $\tau_{p0} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ . Calcular el incremento de la conductividad en estado estacionario y la velocidad de recombinación de los portadores en exceso en estado estacionario si incide en el semiconductor una velocidad de generación uniforme  $g' = 2 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-3}\text{s}^{-1}$ .
- 4) Una muestra de Silicio a  $T = 300\text{K}$  es tipo  $n$  con  $N_A = 5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y  $N_D = 0$ . La muestra tiene una longitud de  $0.5 \text{ cm}$  y una sección transversal de area  $10^{-4} \text{ cm}^2$ . En  $t = 0$  la muestra se ilumina con luz, produciendo una velocidad de generación de portadores en exceso de  $g' = 2 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-3}\text{s}^{-1}$  uniforme en toda la muestra. El tiempo de vida de los portadores minoritarios es  $\tau_{n0} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ . Calcule las concentraciones totales de portadores (mayoritarios y minoritarios) para  $t \geq 0$ . Grafique.
- 5) Una muestra de Silicio a  $T = 300 \text{ K}$  es tipo  $n$  con  $N_d = 5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y  $N_a = 0$ . La muestra tiene una longitud  $L = 0.1 \text{ cm}$  y una sección transversal de area  $A = 10^{-4} \text{ cm}^2$ . Se aplica un voltaje de  $\Delta V = V(0) - V(L) = 5\text{V}$  entre los extremos de la muestra. Para  $t < 0$  la muestra fue iluminada con luz, produciendo una velocidad de generación de portadores en exceso de  $g' = 5 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-3}\text{s}^{-1}$  uniforme en toda la muestra. El tiempo de vida de los portadores minoritarios es  $\tau_{p0} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ . A  $t = 0$  se apaga la luz. Obtenga la expresión para la corriente en la muestra en función del tiempo (desprecie los efectos de superficie).
- 6) Considere una barra de Silicio tipo  $p$  de longitud  $L$  muy larga, sección  $A$ , y uniformemente dopada con  $N_A = 3 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  a  $T = 300 \text{ K}$ . El campo eléctrico aplicado es cero. En un extremo del semiconductor incide una fuente de luz, la cual produce una concentración de excesos. La concentración de portadores en exceso generada en  $x = 0$  es  $\delta n(0) \equiv \delta n_0 = 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ . Suponga los siguientes parámetros:

$$\begin{aligned} \mu_n &= 1200 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s} & ; & & \tau_{n0} &= 5 \cdot 10^{-7} \text{ s} \\ \mu_p &= 400 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s} & ; & & \tau_{p0} &= 1 \cdot 10^{-7} \text{ s} \end{aligned}$$

- Calcule las concentraciones totales de electrones y huecos en estado estacionario como función de la distancia dentro del semiconductor ¿Que significa que la longitud de la muestra es "muy larga"?
  - Calcule la carga total de electrones en exceso. Interprete.
  - Calcule la densidad de corriente de difusión de electrones y de huecos como función de  $x$ .
- 7) El extremo  $x = 0$  de una barra semiinfinita (o sea, de longitud  $L \gg L_n$ ) de Germanio dopada con  $N_A = 1 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  y mantenida a  $T = 300 \text{ K}$  se adjunta a un "devorador de portadores minoritarios" el cual hace  $n_p = 0$  en  $x = 0$  ( $n_p$  es la concentración de electrones minoritarios en un semiconductor tipo  $p$ ). El campo eléctrico es cero.
- Determine los valores  $n_{p0}$  y  $p_{p0}$  de equilibrio térmico.
  - ¿Cual es la concentración de portadores minoritarios en exceso en  $x = 0$ ?

- c) Obtenga la expresión para la concentración de portadores minoritarios en exceso en estado estacionario como función de  $x$ .
- 8) En un semiconductor tipo  $p$  se crean portadores en exceso en el borde  $x = 0$  como muestra la figura 6.19 (libro de Neamen). La concentración de dopantes es  $N_a = 5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y  $N_d = 0$ . La concentración de portadores en exceso en estado estacionario en  $x = 0$  es  $10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . El campo eléctrico aplicado es cero. Suponga  $\tau_{n0} = \tau_{p0} = 8 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ .
- a) Calcule  $\delta n$  y las corrientes de difusión de electrones y huecos en  $x = 0$ .
- b) Repita la parte a) para  $x = L_n$ .