

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA - 2017
FACULTAD DE INGENIERÍA - DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CÁTEDRA: Física de los Semiconductores

SERIE 6: Junturas Semiconductoras

1.- Sea una juntura PN de Ge donde $N_a = 10^{18}$ átomos/cm³ y $N_d = 10^{16}$ átomos/cm³

- a) Evaluar el potencial de contacto V_0 en equilibrio
- b) Calcular el ancho de la zona de transición
- c) Estimar $\partial p(x)/\partial x$ en la zona de transición y la componente de difusión de la corriente de huecos.

Datos:

T = 300 K	$\epsilon = 16 \times 10^{-11}$ F/m
kT = (1/40) eV	$n_i = 10^{13}$ cm ⁻³
$\mu_e = 4000$ cm ² /V.s	$D_e(\text{Ge}) = 100$ cm ² /s
$\mu_h = 2000$ cm ² /V.s	$D_h(\text{Ge}) = 50$ cm ² /s

2.- Si se tiene en cuenta que:

$$p(x_p) \cong N_a ; p(x_n) \cong (n_i^2 / N_d) \exp(eV_b / kT)$$

$$n(x_n) \cong N_d ; n(x_p) \cong (n_i^2 / N_a) \exp(eV_b / kT)$$

se observa que el efecto de aplicar una tensión directa es inyectar huecos en la región N y electrones en la región P. Aparecerán en ambas zonas importantes gradientes de portadores minoritarios, por lo tanto, aparecerán corrientes de difusión de huecos del lado N y electrones del lado P. Suponiendo que V_b cae en la región de agotamiento, calcular las corrientes de huecos en la zona N, debidas esencialmente a la difusión, utilizando la ecuación de continuidad.

3.- A partir de las expresiones halladas en el ejercicio anterior, realizar gráficos de $p(x)$, $n(x)$, $J_h(x)$, $J_e(x)$ y J_t para los siguientes casos

- a) diodo largo: $x_{cn} - x_n \gg L_h$; $x_h - x_{ch} \gg L_e$
- b) diodo corto: $x_{cn} - x_n \ll L_h$; $x_h - x_{ch} \ll L_e$

4.- En un cristal de Si a temperatura ambiente se implementa una juntura con $N_a = 1.5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ y $N_d = 1.5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$. Para $\epsilon_r = 12$ y $n_i = 1.0 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$, calcular los parámetros que definen la zona desierta en la aproximación de agotamiento.

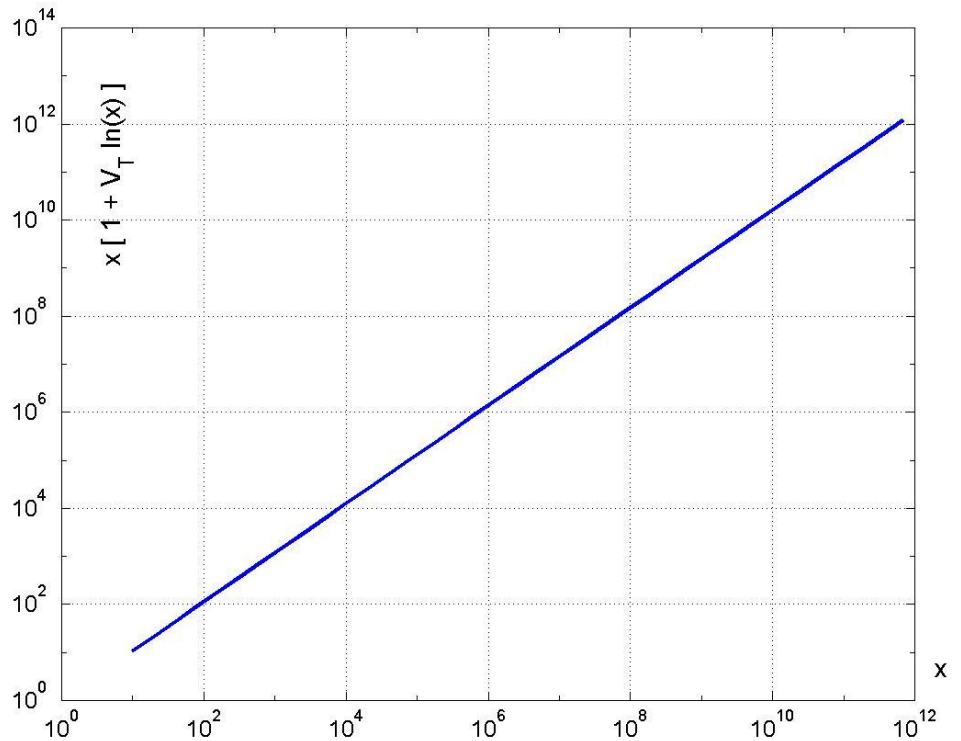
5.- Suponiendo que en cierto diodo zener que funciona por efecto avalancha sean los factores $M_e = M_h = M = J_h(X_p) / J_h(X_n) = J_e(X_n) / J_e(X_p)$, de modo que $J_T = J_S M / 2$, graficar, usando computadora, $I_T = f(V)$ para $V < 0$. Suponer que la probabilidad de colisión P sea $(V/V_Z)^3$, con $V_Z = 20V$, y que $I_{DS} = 10^{-9} \text{Amp}$, y $T = 300K$.

6.- Para que en un diodo zener que funciona por efecto zener tenga lugar dicho efecto, el campo eléctrico en la juntura debe ser del orden de 10^6V/cm .

Suponiendo que en uno de estos diodos sea $N_D = N_A$ (cada uno en su región, por supuesto), hallar N_D y N_A de modo que se produzca ruptura para $V_Z = 2V$. Usar $\epsilon = 12 \epsilon_0$, $T = 300K$, y $n_i = 10^{10} \text{cm}^{-3}$.

Emplear si hace falta la figura de la derecha.

NOTA: suponer $E \cong (V_0 + |V_b|) / \Delta x$, donde Δx es la correspondiente a un diodo polarizado.



Ctes. Fundamentales:

Masas efectivas, para cálculo de densidad de estados, en algunos semiconductores:

Germanio: $m_e^* = 0.55 \cdot m_e$, $m_h^* = 0.37 \cdot m_e$

Silicio a $T = 300K$: $m_e^* = 1.08 \cdot m_e$, $m_h^* = 0.81 \cdot m_e$

GaAs: $m_e^* = 0.067 \cdot m_e$, $m_h^* = 0.45 \cdot m_e$

Masa del electrón $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{Kg}$

Masa del Protón $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{Kg}$

Velocidad de la luz $c = 2.99 \times 10^8 \text{m/s}$

Cte de Planck $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{J.s}$

Carga del electrón $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{C}$

Cte de Boltzmann $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$

RESPUESTAS DE LA SERIE 6

1) a) $V_0=0.476V$, b) $\Delta x=0.31\mu m$, c) $dp/dx \cong -3.2 \cdot 10^{30} m^{-4}$, $J_{hDIF}=2.6 \cdot 10^9 Am^{-2}$

Sugerencia: en el inciso (c), se trata sólo de una estimación, así que piense cuánto valen $p(x_n)$ y $p(x_p)$, y luego divida por la distancia

2)

$$J_h = \frac{e \cdot n_i^2 \cdot D_h}{N_D \cdot L_h} \cdot \frac{\cosh\left(\frac{x_{cn} - x}{L_h}\right)}{\sinh\left(\frac{x_{cn} - x_n}{L_h}\right)} \cdot \left(e^{eV_b/(kT)} - 1\right)$$

3) Las funciones a graficar, respecto de x , son las siguientes:

Diodo corto:

Región N:

$$p = \frac{n_i^2}{N_D} + \frac{n_i^2}{N_D} \cdot \frac{x_{cn} - x}{x_{cn} - x_n} \cdot \left(e^{eV_b/(kT)} - 1\right)$$

$$J_h = \frac{e \cdot n_i^2 \cdot D_h}{N_D \cdot (x_{cn} - x_n)} \cdot \left(e^{eV_b/(kT)} - 1\right)$$

Región P:

$$n = \frac{n_i^2}{N_A} + \frac{n_i^2}{N_A} \cdot \frac{x - x_{cp}}{x_p - x_{cp}} \cdot \left(e^{eV_b/(kT)} - 1\right)$$

$$J_e = \frac{e \cdot n_i^2 \cdot D_e}{N_A \cdot (x_p - x_{cp})} \cdot \left(e^{eV_b/(kT)} - 1\right)$$

Diodo largo:

Región N:

$$p = \frac{n_i^2}{N_D} + \frac{n_i^2}{N_D} \cdot e^{(x_n - x)/L_h} \cdot \left(e^{eV_b/(kT)} - 1\right)$$

$$J_h = \frac{e \cdot n_i^2 \cdot D_h}{N_D \cdot L_h} \cdot e^{(x_n - x)/L_h} \cdot \left(e^{eV_b/(kT)} - 1\right)$$

Región P:

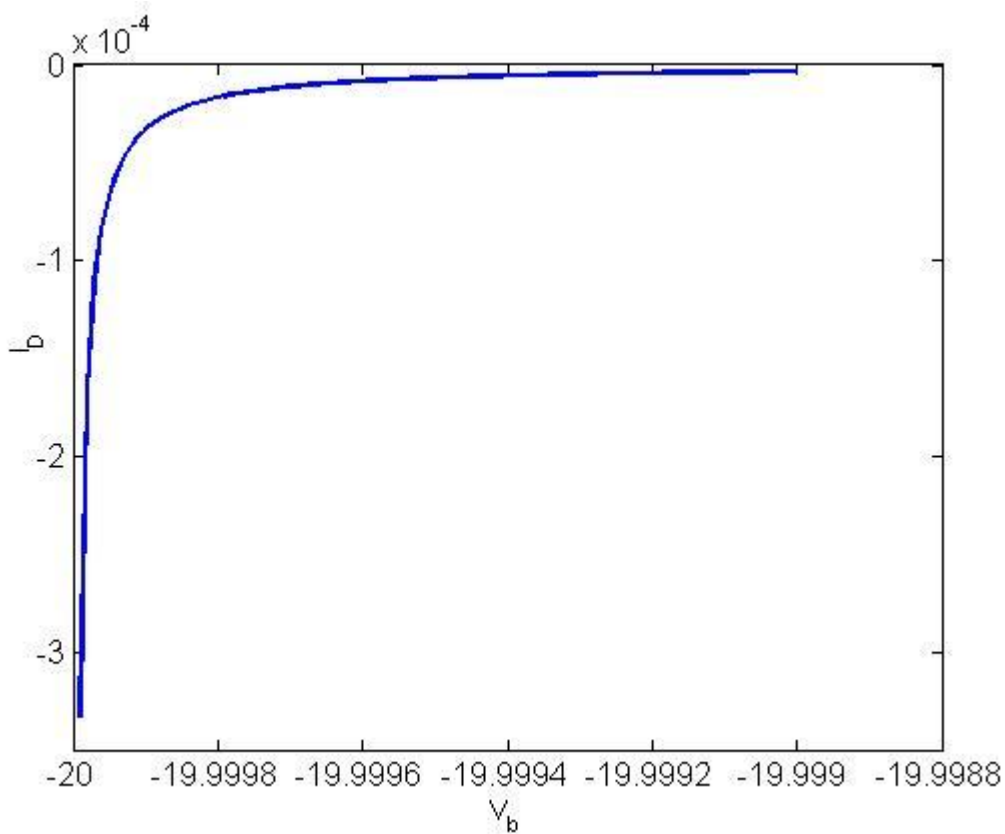
$$n = \frac{n_i^2}{N_A} + \frac{n_i^2}{N_A} \cdot e^{(x - x_p)/L_e} \cdot \left(e^{eV_b/(kT)} - 1\right)$$

$$J_e = \frac{e \cdot n_i^2 \cdot D_e}{N_A \cdot L_e} \cdot e^{(x - x_p)/L_e} \cdot \left(e^{eV_b/(kT)} - 1\right)$$

Luego, en ambos casos, J_e y J_h se mantienen a lo largo de la zona de transición (¿Por qué?). Se calcula J_T en la zona de transición (¿Por qué?). Entonces, en sus respectivas regiones, las corrientes de portadores mayoritarios resultan de sustraer la corriente de minoritarios al valor de J_T . Y los valores de p y n en las regiones mayoritarias son prácticamente N_A y N_D respectivamente.

4) $V_0 = 0.616V$, $\Delta x = 2.34\mu m$, $x_j - x_p = 23nm$, $x_n - x_j = 2.32\mu m$

5) El siguiente es un gráfico hecho en el rango $-20V < V_b < -19.9999V$:



6) $N_A = 8.66 \cdot 10^{18} cm^{-3}$.

Sugerencia 1: con la figura del ejercicio, no se puede hallar N_A con la precisión dada en este resultado; al menos llegue a un resultado aproximado.

Sugerencia 2: Plantee la ecuación para el campo eléctrico. Desarrollando, le quedará una función de (N_A/n_i) igualada a una constante.