



## Guía de Ejercicios N° 2: Juntura PN

Datos generales:  $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ ,  $\varepsilon_r(\text{Si}) = 11,7$ ,  $\varepsilon_r(\text{SiO}_2) = 3,9$ ,  $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ,  $\phi(n, p = n_i) = 0$ .

1. Considere una juntura PN de silicio a 300K.
  - a) Para  $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  y  $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  calcule el potencial de juntura ( $\phi_B$ ).
  - b) Repita para  $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y  $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ .
  - c) Entre los puntos a) y b) el valor de  $N_A$  se ha reducido en cien veces. ¿En qué porcentaje varió el potencial de juntura? ¿Qué conclusión puede obtener?
2. Considere una juntura PN de silicio a 300K con  $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  y  $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . Calcule:
  - a) El ancho de la zona de carga espacial.
  - b) El valor del campo eléctrico máximo.
3. Considere una juntura PN en equilibrio térmico ( $T = 300\text{K}$ ) con las siguientes características:  $\phi_B = 536,2 \text{ mV}$ ;  $x_n = 251 \text{ nm}$ ;  $x_p = 2,51 \mu\text{m}$ . ¿Cuál son los valores de las concentraciones de impurezas?
4. Considere la juntura PN de silicio a 300K del problema 2 con una polarización inversa de  $V_R = 5 \text{ V}$ . Calcule:
  - a) El ancho de la zona de carga espacial.
  - b) El valor del campo eléctrico máximo.
  - c) Repita los puntos anteriores considerando que ahora se encuentra polarizado en directa con una tensión  $V_D = 0,5 \text{ V}$ .
  - d) Compare estos resultados con los del problema 2.
5. Considere una juntura PN de silicio a 300K con  $N_A = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  y  $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ .
  - a) Para la condición de equilibrio térmico ( $V_R = 0 \text{ V}$ ), y bajo la aproximación de vaciamiento, realice los diagramas de
    - i. concentración de dopantes  $N_A$  y  $N_D$ ,
    - ii. concentración de portadores libres  $n_0$  y  $p_0$  (en escala lineal y semilogarítmica),
    - iii. densidad de carga neta  $\rho$ ,
    - iv. campo eléctrico,
    - v. potencial electrostático.
  - b) Repita el punto anterior para  $V_R = 5$  y  $10 \text{ V}$ .
  - c) Si el campo eléctrico máximo admitido es  $|E_{MAX}| = 5 \times 10^5 \text{ V/cm}$ , ¿Cuál es el máximo valor de  $V_R$  admisible?
6. Considere una juntura PN de silicio a 300K con una concentración de  $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .
  - a) Determine la concentración  $N_D$  tal que para  $V_R = 25 \text{ V}$  el campo eléctrico máximo sea  $|E_{MAX}| = 3 \times 10^5 \text{ V/cm}$ .
  - b) Si se desea que el campo eléctrico máximo no supere el valor  $|E_{MAX}| = 3 \times 10^5 \text{ V/cm}$ , conservando  $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , el valor de  $N_D$  hallado en el punto a) ¿es una cota máxima o una cota mínima de concentración de dopantes donores?
7. Sea una juntura  $N^+P$  en equilibrio termodinámico, donde se sabe que  $N_A = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  y  $x_{d0} = 3 \mu\text{m}$ , responda justificando e indicando todas las hipótesis que considere:
  - a) ¿Qué es la aproximación de vaciamiento? Aplicarla para realizar el diagrama de densidad de carga.
  - b) Explique cómo a partir de la Ley de Gauss y la definición de potencial eléctrico puede hallar los diagramas de campo eléctrico y potencial eléctrico.



- c) ¿Cuánto vale el campo eléctrico máximo ( $E_0$ ), el potencial de Built-in ( $\phi_B$ ) y el dopaje de donores ( $N_D$ )?
8. Para una juntura  $P^+N$  en equilibrio termodinámico con concentración de donores  $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , responda justificando e indicando las hipótesis que considere necesarias:
- ¿Cómo es la relación entre la extensión de la SCR del lado N ( $x_n$ ) y del lado P ( $x_p$ )?
  - Sabiendo que la extensión de la SCR es  $x_{d0} = 1 \mu\text{m}$ , realice el diagramas de campo eléctrico, indicando cuánto vale el campo eléctrico máximo ( $E_0$ ).
  - Calcule el potencial de Built-in ( $\phi_B$ ) y el dopaje de aceptores.
9. Se tiene una juntura  $P^+N$  donde se sabe que sin potencial aplicado, el máximo valor que alcanza el campo eléctrico es  $|E_0| = 10 \text{ kV/cm}$  y que  $N_D = 4,5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  ( $T = 300\text{K}$ ).
- ¿Cuál es la concentración  $N_A$  de la juntura?
  - Sabiendo que el  $|E|$  de ruptura de silicio es  $170 \text{ kV/cm}$ , ¿cuál es el máximo valor de  $N_A$  que puede utilizarse en esta juntura?
  - Suponiendo ahora que  $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ , ¿cuál es el máximo valor de  $N_A$  que puede utilizarse en esta nueva juntura? (Considerar juntura  $P^+N$ )
  - Explique la siguiente afirmación: “Dado que el valor de  $\phi_B$  es siempre aproximadamente  $1 \text{ V}$ , mayores concentraciones de dopantes implicarán menores valores de  $x_p$  y  $x_n$  y en consiguiente obtener la misma diferencia de potencial en menor distancia implicará necesariamente un mayor valor de campo eléctrico en la juntura”.