



Guía de Ejercicios N^o 2: Juntura PN

Constante	Valor
q	$1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
m_0	$9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
k	$1,381 \times 10^{-23} \text{ J/K} = 8,617 \times 10^{-5} \text{ eV K}$
h	$6,626 \times 10^{-34} \text{ J s} = 4,136 \times 10^{-15} \text{ eV s}$
ϵ_0	$8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m} = 88,5 \text{ fF/cm}$
$\epsilon_r(\text{Si})$	11,7
$\epsilon_r(\text{SiO}_2)$	3,9
T_{amb}	$27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$

Cuadro 1: Datos útiles.

Parte I: Electroestática de la juntura PN

1. Considere una juntura PN de silicio a 300 K.
 - a) Para $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ y $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ calcule el potencial de juntura (ϕ_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 300 K 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 la juntura PN de silicio a 300K del problema 2 con una tensión aplicada $V_{PN} = V_P - V_N$, donde V_P es la tensión aplicada al lado P y V_N la tensión aplicada al lado N. Calcular los siguientes parámetros cuando se tiene una polarización inversa de $V_{PN} = -5 \text{ V}$:
 - 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 $V_{PN} = 0,5 \text{ V}$.
 - d) Compare estos resultados con los del problema 2.
4. Considere una juntura PN de silicio a $V_{PN} = 0,5 \text{ V}$ con $N_A = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ y $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$.
 - a) ¿Qué es la aproximación de vaciamiento? ¿Como sirve para obtener la distribución de carga en la juntura?
 - b) Para la condición de equilibrio térmico, 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 ρ ,
 - iv. campo eléctrico,
 - v. potencial electrostático.
 - c) Repita el punto anterior para tensiones de inversa de -5 V y -10 V .



5. Considere una juntura PN en equilibrio térmico ($T = 300\text{ K}$) con las siguientes características: $\phi_B = 536,2\text{ mV}$; $x_n = 251\text{ nm}$; $x_p = 2,51\text{ }\mu\text{m}$. ¿Cuáles son los valores de las concentraciones de impurezas?
6. Considere una juntura PN de silicio a 300 K con $N_A = 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ y $N_D = 10^{17}\text{ cm}^{-3}$. Si el campo eléctrico máximo admitido es $|E_{MAX}| = 5 \times 10^5\text{ V/cm}$, ¿Cuál es el máximo valor de tensión en inversa admisible?

Parte II: Capacidad de juntura

7. Suponga que la juntura PN del problema 2 tiene un área de $A = 10^{-4}\text{ cm}^2$. Calcule la capacidad de la juntura para una polarización inversa de -5 V .
8. Para una juntura PN **simétrica** con $\phi_B = 0,9\text{ V}$, calcular C'_{j0} , N_D y N_A .
9. Se conoce que la capacidad de una juntura P⁺N es $C'_{j0} = 29\text{ nF/cm}^2$ y que $\phi_B = 840\text{ mV}$. Hallar ϕ_n , ϕ_p , N_A y N_D .
10. Dada una juntura P⁺N de silicio a 300 K . Asuma que la intersección de la curva de la Fig. 1 con el eje horizontal corresponde a un potencial de juntura de $0,855\text{ V}$ y que la pendiente de la recta es $-10^{15}\text{ (F/cm}^2\text{)}^{-2}/\text{V}$. Calcule la concentración de impurezas N_A y N_D de la juntura.

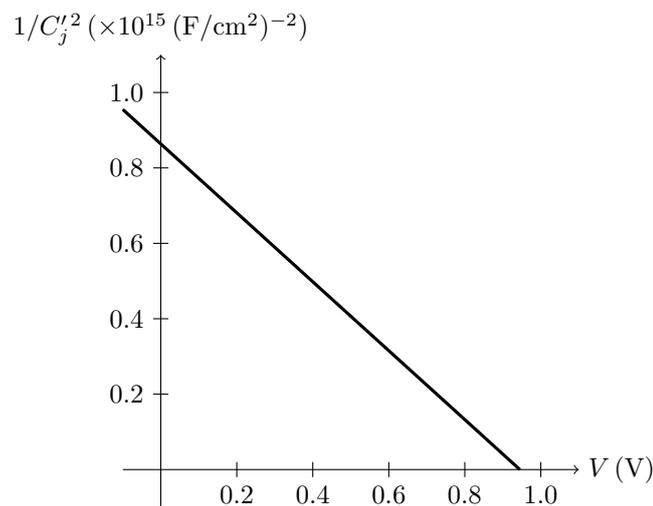


Figura 1

Parte III: Ejercicios integradores

11. Se tiene una juntura PN de silicio de la cual se conocen las conductividades de la zona N ($\sigma_N = 48\text{ }\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$) y zona P ($\sigma_P = 15,36 \times 10^{-3}\text{ }\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$), el campo eléctrico máximo $|E_0| = 6,7\text{ kV/cm}$ y ancho de la zona de vaciamiento $x_{d0} = 2,17\text{ }\mu\text{m}$.
 - a) ¿La juntura es simétrica, asimétrica o fuertemente asimétrica? ¿Por qué? Justificar y mencionar cualquier aproximación usada.
 - b) Si la carga a ambos lados de la juntura es 7 nC/cm^2 en valor absoluto, hallar las movilidades de huecos y electrones a ambos lados de la juntura.
12. Considere una juntura PN de silicio a 300 K con una concentración de $N_A = 10^{18}\text{ cm}^{-3}$.
 - a) ¿Cuáles son los límites de ϕ_B para una Juntura PN? ¿Por qué?
 - b) Teniendo en cuenta lo analizado en el punto anterior, determine la concentración N_D tal que para una tensión de inversa de $V_{PN} = -45\text{ V}$ el campo eléctrico máximo sea $|E_{MAX}| = 3 \times 10^5\text{ V/cm}$.



- c) 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?
13. 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 campo eléctrico $|E|$ no debe superar los 170 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 ϕ_B es siempre aproximadamente 1 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”.
14. De una juntura muy asimétrica PN^+ con área $A = 0,5 \text{ mm}^2$, se tienen las siguientes mediciones de capacidad en polarización inversa:

$V_{PN} \text{ [V]}$	$C_j \text{ [pF]}$
-1	3,6
-2	2,6
-3	2,4

- ¿Por qué disminuye el valor de la capacidad a medida que aumenta la tensión inversa aplicada?
 - Obtenga las concentraciones de impurezas N_A y N_D y el potencial de built-in (ϕ_B).
15. Diseñe una juntura PN de silicio con un área de $A = 5,5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ tal que a 300 K y para una polarización inversa de $V_{PN} = -1,2 \text{ V}$ verifique que el 10% del total de la zona de carga espacial esté en la región N , y que su capacidad de juntura sea $3,5 \text{ pF}$.
- Determine las concentraciones N_D y N_A necesarias.
 - Determine el potencial de juntura resultante.