

Problemas de Electrónica I. Hoja 1

4º Curso de Física

1- Considerando que la probabilidad de que un estado en el extremo inferior de la banda de conducción esté ocupado fuera igual a la probabilidad de que un estado en el extremo superior de la banda de valencia estuviera vacío, calcular cual sería la posición del nivel de Fermi.

2- Una muestra de silicio está dopada con 10^{14} átomos de Boro / cm^3 .

- a) ¿Cual es la concentración de portadores a 300K ?
- b) ¿Y a 470K?

Considérese que $n_i(300\text{K})=1.18 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ y $n_i(470\text{K})=10^{14} \text{ cm}^{-3}$

3- Sea una muestra de silicio dopado con 10^{15} átomos de fósforo/ cm^3

- a) Si $T= 300\text{K}$, determinad a qué distancia de la energía de conducción se haya el nivel de Fermi.
- b) Si $T = 500\text{K}$, determinad la concentración de portadores minoritarios y la posición del nivel de Fermi respecto al nivel de energía que limita la banda de valencia (E_V).

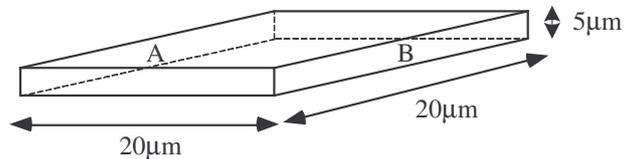
Datos: $n_i(300\text{K})=1.5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $n_i(500\text{K})=2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $E_{\text{gap}}(300\text{K})=1.0964 \text{ eV}$, $E_{\text{gap}}(500\text{K})=1.075 \text{ eV}$, $k=8.62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $m_n/m_e=1.18$, $m_p/m_e=0.81$, $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

4- Determinar los dopados máximos (N_A y N_D) en un semiconductor de silicio para que pueda considerarse no degenerado. Considérese una temperatura de 300K, $n_i = 1.5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $E_{\text{gap}}=1.10\text{eV}$, $k=8.62 \cdot 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$ y el cociente de masas efectivas hueco-electrón $m_p/m_n=0.69$.

5- Sea la pieza de silicio (Si) que se representa en la figura.

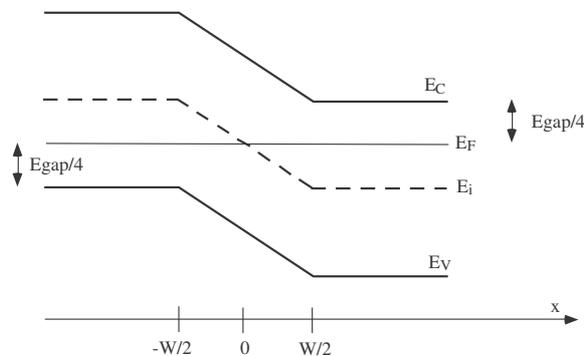
¿ Qué resistencia hay entre A y B si:

- a) el Si es de tipo N, con $N_D=10^{16} \text{ cm}^{-3}$?
- b) el Si es de tipo P, con $N_A=10^{16} \text{ cm}^{-3}$?
- c) el Si es intrínseco ?



Datos: $\mu_n=1200 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, $\mu_p=400 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, $n_i=1.5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $q=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

6- Sea un semiconductor caracterizado por el siguiente diagrama de bandas de energía. Se pide:



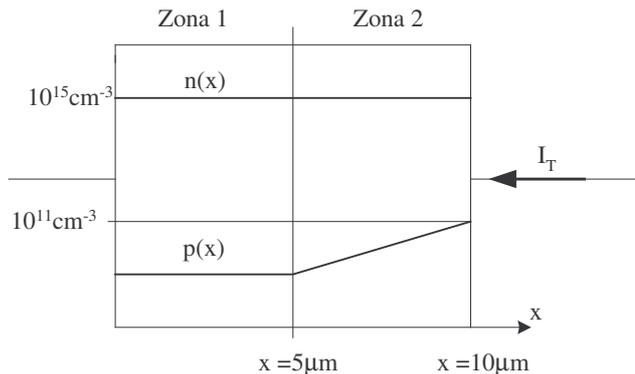
a) Determinar la resistividad del semiconductor en la región $x>W/2$.

Considerad $T = 300\text{K}$, $E_{\text{gap}} = 1.12\text{eV}$, $n_i = 1.18 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $KT = 0.0259 \text{ eV}$,

b) Un electrón intenta ir de $x=W/2$ hacia la izquierda sin modificar su energía. ¿Cual es la mínima energía cinética que debe tener?

- c) Calcular y representar el campo eléctrico y el potencial en función de x .
 d) ¿Está el semiconductor en equilibrio? Razona la respuesta.
 e) ¿Qué vale la densidad de corriente de electrones en $x = 0$? ¿Y la de huecos?
 f) ¿Hay corriente de arrastre de electrones en $x = 0$? En caso afirmativo calculad su valor, en caso negativo justificad la respuesta.
 g) ¿Hay corriente de difusión de electrones en $x = 0$? En caso afirmativo calculad su valor, en caso negativo justificad la respuesta.

7- Sea un semiconductor de silicio dopado de 25mm^2 de sección transversal, del que se tiene un perfil de portadores (electrones y huecos) en una determinadas condiciones que se ilustra en la figura. En la zona 1 sólo se han introducido impurezas de un tipo, y sus concentraciones de portadores no han variado con respecto al equilibrio.



Datos:

$$n_i(300\text{K}) = 2 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$k = 8.62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$$

$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\mu_n(300\text{K}) = 1300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$\mu_p(300\text{K}) = 400 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

Se pide:

- (a) Concentraciones de portadores en la Zona 1.
 (b) Si a una temperatura de 300K, la corriente total I_T que atraviesa el semiconductor es de 0.1mA en el sentido que se muestra en la figura, calcular el valor del campo eléctrico en cualquier punto de la Zona 1, indicando el sentido.
 (c) En las mismas condiciones que en el apartado anterior, determinad el valor de la corriente de arrastre de electrones para $x = 8\mu\text{m}$.

8- Una oblea de silicio uniformemente dopada con $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ se mantiene a temperatura ambiente. Súbitamente se ilumina para $t = 0$. Si suponemos que $\tau_p = 10^{-6} \text{ s}$ y que por efecto de la iluminación se crean 10^{17} electrones y huecos por cm^3 en todo el semiconductor, determinad $\Delta p(t)$ para $t > 0$. Tomad $n_i(T_{\text{amb}}) = 1.5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$.

9- Determinad la distribución de minoritarios en estado de equilibrio en un semiconductor semi-infinito (0-infinito) de tipo N si se genera un Δp_0 en $x = 0$.

PROBLEMA DE CÁLCULO NUMÉRICO

Calcular la concentración de electrones, n , en un semiconductor para valores de $(E_C - E_F)/KT = 0.1, 0.2, 0.3, \dots, 0.9, 1.0, 2.0, 3.0, \dots, 8$ considerando:

- La aproximación de semiconductor no degenerado
- Cálculo exacto mediante la integral numérica de Fermi-Dirac (utilizando Mathematica, Maple, etc)

Graficar los valores obtenidos en función de $(E_C - E_F)/KT$. Comentar el error cometido cuando se utiliza la aproximación de semiconductor no degenerado.