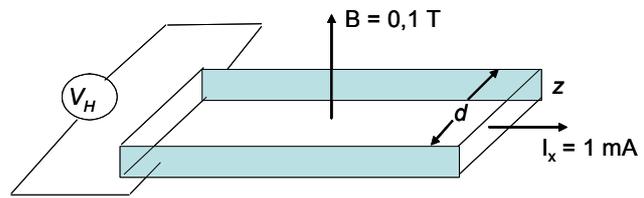


Complementos de Física-Ingeniería Informática- Boletín 3

1. Calcular la conductividad de una lámina cristalina de Si, cuya movilidad es $\mu(\text{Si}) = 0,135 \text{ m}^2 (\text{V}\cdot\text{s})^{-1}$, dopado con fósforo, con concentración, $N_d = 10^{23} \text{ m}^{-3}$. Se aplica un



campo magnético, $B = 0,1 \text{ T}$ normal al plano de la lámina de espesor $z = 100 \mu\text{m}$ por la que circula una corriente de intensidad $I_x = 1 \text{ mA}$. Calcular la tensión de Hall.

Solución: $2160 (\Omega\text{m})^{-1}$; $63 \mu\text{V}$

2. El silicio cristaliza en dos redes fcc ínter penetradas, de forma que la celda es un cubo que contiene 8 átomos y su arista es 6 \AA . Se dopa el cristal en proporción de un átomo de fósforo por cada 10^8 átomos de Si. Calcular: a) la concentración $n(\text{Si})$ de átomos de Si y la concentración de átomos donadores, N_D ; b) Sabiendo que la concentración intrínseca del Si es $n_i = 10^{16} \text{ m}^{-3}$, calcular las concentraciones n y p de electrones y huecos; c) Determinar la conductividad del cristal sabiendo que la movilidad del Si es $0,15 \text{ m}^2 (\text{Vs})^{-1}$, d) Si la concentración de dopado hubiese sido de un átomo de fósforo por cada 10^{12} átomos de Si, calcúlese en este caso los porcentajes de portadores, provenientes de ionización y de generación térmica, para electrones y huecos.

Solución: $3,7 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$; $3,7 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$; $3,7 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$ y $2,7 \cdot 10^{11} \text{ m}^{-3}$; $8,88 (\Omega\text{m})^{-1}$; electrones: 6,4 % térmicos y 93,6 % de impurezas; huecos: 100 % térmicos y 0 % de impurezas.

3. Cuando un semiconductor de ancho de banda prohibida $E_G = 1,1 \text{ eV}$ se calienta desde una temperatura de $27 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta una temperatura T se duplica su conductividad, ¿Cuál es el valor de T ?

Solución: 310 K

4. Un monocristal de AsGa se ha dopado con Se y Be con concentraciones donadoras y aceptoras $N_d = 8 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$ y $N_a = 3 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-3}$ respectivamente. Calcular a temperatura ambiente: a) Las concentraciones n y p de electrones y huecos y b) La conductividad de los huecos si las movilidades de los portadores son $\mu_n = 0,85 \text{ m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ y $\mu_p = 0,045 \text{ m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ y la concentración intrínseca es $n_i(\text{AsGa}) = 2 \cdot 10^{12} \text{ m}^{-3}$.

Solución: 133 m^{-3} y $3 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-3}$; $216 (\Omega\text{m})^{-1}$

5. A temperatura ambiente, $T=300\text{ K}$, se sabe que el nivel de impurezas donadoras en una muestra semiconductor está por debajo del fondo de la banda de conducción tal que $E_C-E_D=0,045\text{ eV}$ y el nivel de Fermi está situado por encima del nivel donador tal que $E_F-E_D=0,01\text{ eV}$. Sabiendo que $E_G=1,1\text{ eV}$ y que las masas efectivas de electrones y huecos son $0,31 m_e$ y $0,38 m_e$ respectivamente, determinar: a) La concentración de impurezas donadoras, b) El número de impurezas ionizadas, c) La concentración de electrones de conducción y d) La concentración de huecos.

Solución: $2,7 \cdot 10^{24}\text{ m}^{-3}$, $1,08 \cdot 10^{24}\text{ m}^{-3}$, $1,08 \cdot 10^{24}\text{ m}^{-3}$, $1,88 \cdot 10^6\text{ m}^{-3}$

6. Una radiación de longitud de onda 3000 \AA e intensidad 30 W/m^2 , incide normalmente sobre la superficie de un fotodetector de 9 mm^2 de superficie que la absorbe en su totalidad. Sabiendo que el fotodetector está construido con un semiconductor cuya $E_G=2,4\text{ eV}$, y que el rendimiento cuántico es la unidad, determinar: a) El número de pares electrón-hueco, e-h, generados por segundo, b) si el exceso de energía en el proceso se transforma en calor, ¿Cuál es la potencia calorífica por agitación térmica de los pares generados?

Solución: $4,07 \cdot 10^{14}\text{ pares/s}$, $113,3\text{ }\mu\text{W}$

7. Un semiconductor intrínseco cuya BP es $E_g = 1,2\text{ eV}$ se dopa con impurezas donadoras de forma que su nivel de Fermi se eleva y queda a $E_g/3$ por debajo de la BC, E_c . Calcular su resistividad a temperatura ambiente, 300 K , sabiendo que para este semiconductor la concentración intrínseca es $n_i = 10^{16}\text{ m}^{-3}$ y la movilidad es $\mu_n = 0,135\text{ m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$

Solución: $2\text{ }\Omega\cdot\text{m}$

8. El arseniuro de galio, AsGa, se dopa a 300 K con una concentración de átomos de telurio, $N_d = 10^{17}\text{ cm}^{-3}$. Indicar razonadamente: a) El tipo de semiconductor extrínseco resultante; b) la posición del nivel de Fermi respecto a la BV, E_v , tomada como referencia.

Solución: 10^{17} cm^{-3} ; $1,325\text{ eV}$

9. En una muestra de germanio se introducen impurezas aceptoras en una proporción de 1 átomo por cada 10^7 átomos de germanio. Determinése: a) la concentración introducida de átomos aceptores; b) la concentración de electrones y huecos en las BC y BV respectivamente (supóngase ionización total de impurezas); c) la resistividad de la muestra así como la resistencia de una barrita de este material de 2 cm de longitud

y 50 mm^2 de sección transversal. Datos: densidad del Ge, $5,32 \text{ g/cm}^3$; masa atómica, $72,6$; concentración intrínseca, $2,5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$; movilidad de electrones y de huecos, $3900 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ y $1900 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ respectivamente.

Solución: $4,42 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$; $4,42 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $1,41 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$; $0,744 \Omega\cdot\text{m}$, $2,976 \Omega$

10. Calcúlese la posición del nivel de Fermi a temperatura ambiente para una barra de germanio extrínseco tipo n de 10 cm de longitud y 2 cm^2 de sección, tal que al ser sometida a una diferencia de potencial de 1 mV es atravesada por una corriente de 2 mA . Datos: $\mu_n = 3900 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, $m_e^* = 0,55 m_e$, $k_B = 1,39 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

Solución: $E_C - E_F = 0,167 \text{ eV}$

11. Una muestra de semiconductor tipo n tiene una resistividad igual a $5 \Omega\cdot\text{cm}$ a $T = 300 \text{ K}$. Determinar: a) Concentraciones de electrones y de huecos, b) localización del Nivel de Fermi respecto al fondo de la BC y del nivel donador E_D respecto al nivel de Fermi, c) admitiendo que la BP del semiconductor es cuatro veces mas ancha que la diferencia $E_C - E_F$, dibújese un diagrama de bandas en el que aparezcan todos los niveles energéticos que conozcas, así como las diferencias energéticas obtenidas. Datos: $\mu_n = 1600 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, $\mu_p = 600 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, $n_i = 1,4 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, densidad de estados en la BC, $N_C = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, $E_C - E_D = 0,05 \text{ eV}$

Solución: $7,81 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $2,5 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$, $E_C - E_F = 0,236 \text{ eV}$, $E_g = 0,94 \text{ eV}$

12. Un material semiconductor, cuya concentración intrínseca es 10^{12} cm^{-3} , se dopa con impurezas aceptoras, $N_A = \sqrt{5} \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ a temperatura ambiente, determinar: a) las concentraciones de electrones y huecos indicando los porcentajes de origen térmico y de impurezas para ambos tipos de portadores, b) la posición del nivel de Fermi respecto al fondo de la BC, sabiendo que la anchura de la BP es $1,2 \text{ eV}$.

Solución: $2,618 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$, $0,3819 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$, $85,4 \%$ y $14,6 \%$

13. En los semiconductores extrínsecos que presentan diferencias en el dopado, razonadamente decir si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones: a) No se puede plantear el principio de conservación de la carga, b) Aparece un campo eléctrico en el interior del semiconductor, c) la presencia del campo no implica que aparezcan diferencias de potencial en el semiconductor.

Solución: a) Falso, b) Verdadero, c) Falso

14. La inyección de portadores de carga en un punto de un semiconductor, implica a) la aparición de procesos de difusión, b) hace que los electrones y los huecos se muevan

con igual facilidad a lo largo del semiconductor, c) hace que aparezca un campo eléctrico, y como consecuencia, un corriente en el interior del semiconductor.

Solución: a) Verdadero, b) Falso, c) Verdadero.

Datos y expresiones necesarios para la resolución de algunos problemas:

Constante de Planck, $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4,13 \times 10^{15} \text{ eV}\cdot\text{s}$;

Masa del electrón libre, $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$;

Número de Avogadro, $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ partículas/mol}$;

Constante de Boltzmann, $k_B = R/N_A = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K} = 8,62 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$

A temperatura ambiente, $T = 300 \text{ K}$, el producto $k_B T = 0,0256 \text{ eV}$

Expresiones útiles: $N_c = 2 \left(\frac{2\pi m_e^*}{\hbar^2} k_B T \right)^{3/2}$, $N_v = 2 \left(\frac{2\pi m_h^*}{\hbar^2} k_B T \right)^{3/2}$

$$n = N_c e^{-\frac{E_c - E_F}{K_B T}}, \quad p = N_v e^{-\frac{E_F - E_v}{K_B T}}$$

$$n = n_i e^{\frac{E_F - E_{Fi}}{K_B T}}, \quad p = p_i e^{\frac{E_{Fi} - E_F}{K_B T}}$$

$$E_F = E_v + \frac{E_g}{2} + \frac{3k_B T}{4} \ln\left(\frac{m_h^*}{m_e^*}\right) + \frac{k_B T}{2} \ln\left(\frac{n}{p}\right)$$