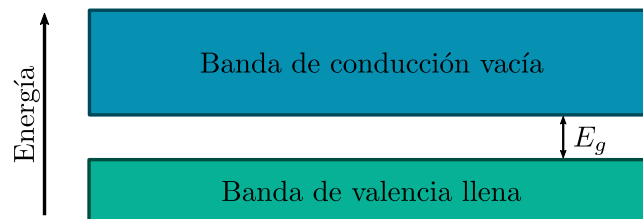


Práctica 8: Semiconductores

1. Calcular el tensor de masa efectiva $\mathbf{M} = [M]_{ij}$ para electrones en una banda tight-binding de una red cúbica simple, en el centro $\mathbf{k} = (0, 0, 0)$, centro de cara $\mathbf{k} = \frac{\pi}{a}(0, 0, 1)$, y vértice $\mathbf{k} = \frac{\pi}{a}(1, 1, 1)$ de la primera zona de Brillouin. Discutir la utilidad del concepto de masa efectiva para estos tres casos.
2. Considere un sólido cuyas dos primeras bandas están separadas por un gap. El material tiene dos electrones por celda, de manera que a temperatura cero la banda inferior (de valencia) está completamente llena, mientras que la superior (de conducción) está vacía.



- (a) Calcule el potencial químico en función de la temperatura. Para eso debe asignar alguna expresión matemática a la forma de las bandas.
 - (b) Calcule la energía de Fermi como el límite de potencial químico cuando $T \rightarrow 0$.
 - (c) Calcule cuántos electrones pasan a la banda de conducción a una temperatura T . Calcule el valor numérico de esta concentración de electrones a temperatura ambiente ($T \approx 300$ K) para un semiconductor con $m_e = m_h = m$ (masa del electrón libre) y $E_g = 1.0$ eV.
3. (a) Calcular la densidad de portadores y la variación del potencial químico con la temperatura para un semiconductor intrínseco bidimensional de band gap E_g y masas efectivas m_e y m_h para electrones y holes respectivamente.
 - (b) Supongamos que este material es dopado con impurezas donoras y aceptoras de forma tal que $N_D = N_A$ (semiconductor compensado). Si a temperatura ambiente todas las impurezas están ionizadas, ¿Cuál es la concentración de electrones y holes a esta temperatura? Piense fríamente antes de contestar.
 4. En una muestra de Ge puro se midieron los siguientes valores de resistencia a diferentes temperaturas:

$T(\text{K})$	310	321	339	360	383	405	434
$R(\Omega)$	13.5	9.10	4.95	2.41	1.22	0.74	0.37

Evaluar el gap.

5. Consideremos el caso de un semiconductor tipo n puro, es decir que solo contiene impurezas donoras. La energía de ionización de las impurezas es E_D . Asumamos que la

principal contribución a la conductividad proviene de los donores ionizados, de tal manera que $N_D \gg n_i$. Calcular la concentración de electrones en la banda de conducción y el potencial químico en función de la temperatura.

Nota: en Ge a $T = 300$ K, la concentración de portadores intrínsecos es aproximadamente $5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$. Ge contiene 4.4×10^{22} átomos por cm^3 . Si hay 1 ppm de impurezas, la concentración de las mismas es de 4.4×10^{16} impurezas por cm^3 . Aunque solo el 1% de impurezas estén ionizadas a temperatura ambiente, la concentración de portadores proveniente de las mismas supera a la concentración de portadores intrínsecos por un factor 10.

6. Calcular la conductividad intrínseca del Si a temperatura ambiente. Si 10^{20} átomos por m^3 de fósforo son introducidos en Si, ¿Cuál será la nueva concentración de portadores? Calcular la nueva posición del nivel de Fermi.

Datos del Si: $E_g = 1.14$ eV, $m_e = 0.26m$, $m_h = 0.50m$, $\mu_e = 0.16 \text{ m}^2/V_s$, $\mu_h = 0.05 \text{ m}^2/V_s$, $E_D = 45$ meV (energía de ionización del P en Si).

7. Un semiconductor con un gap de energía $E_g = 1$ eV y masas efectivas $m_e = m_h = m$ (masa del electrón libre) es dopado con impurezas tipo p con una concentración $N_a = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. El nivel de energía aceptor está ubicado 0.2 eV encima del valence band edge.
- Mostrar que la conducción intrínseca en este material es despreciable a $T = 300$ K.
 - Calcular la conductividad del material a temperatura ambiente (300 K), dado que la movilidad de los holes es $\mu_h = 100 \text{ cm}^2/V_s$ a esta temperatura.

8. Una muestra rectangular de un material semiconductor como el mostrado en la figura tiene dimensiones $10 \times 4 \times 1$ mm. Una corriente $I = 1.5$ mA fluye a lo largo de su longitud y la caída de potencial asociada es 78 mV. Cuando un campo magnético $H = 0.7$ T es aplicado normal a la superficie mayor de la muestra, aparece una diferencia de potencial 6.8 mV a lo ancho de la misma. Determinar el carácter, la concentración y la movilidad de los portadores de corriente.

