Estructura de la Materia 2
2nd cuatrimestre 2017
Guía 8: Semiconductores

1. Semiconductor intrnsico

   Considere un semiconductor con bandas de valencia (v) y de conduccin (c) de forma parablica general en un entorno de los respectivos puntos extremos, masas efectivas m_v, m_c y energas E_v, E_c.

   i) Exprese y grafique las densidades de estados por unidad de volumen.

   ii) Exprese y grafique las funciones de Fermi de electrones y huecos superpuestas sobre el grfico anterior. Suponga $\mu = \frac{E_c+E_v}{2}$ y selo como cero de energa.

   iii) Exprese la concentracin de electrones en la banda de conducción n_c, de huecos en la banda de valencia p_v.

   iv) Suponga satisfecha la condicin de no degeneracin $\frac{|\mu-E_{c,v}|}{kT} \gg 1$ en escala de kT, μ está en el interior del gap ($E_g = E_c - E_v$) lejos de los estremos de las bandas. Calcule y grafique $\mu(T) = \mu_i(T)$ (i por intrnsico). Use masas tpicas para Ge: $m_v = 0{,}37m$, $m_c = 0{,}56m$. Estime el valor de E_g a partir del cual se viola la condicin anterior a temperatura ambiente. ($E_g(Ge) = 0{,}67$ eV)

   v) Calcule $n_c(T)$ y $p_v(T)$.

2. Masas efectivas de huecos y electrones.

   Para semiconductores con gaps de 1 eV y 0.1 eV

   i) En cunto deben diferir las masas efectivas de electrones y huecos para que el potencial qumico μ se ubique a una energa KT_a ($T_a = 300K$) por debajo de la banda de conduccin?

   ii) Grafique la densidad de estados para electrones y huecos en ambos casos.

3. **i)** Argumente, por comparacin con tomo hidrogenoide, para demostrar que el radio aproximado de la rbita de un electrn ligado a una impureza donora es $r = \frac{\varepsilon a_0 m}{m^*}$ y que su energa es $E_d = E_c - \frac{m^*}{m\varepsilon^2}$ Ry. Compare $E_c - E_d$ con E_g para casos tpicos ($a_0 = \frac{\hbar^2}{me^2} \approx 0{,}53$AA es el radio de

Bohr, ε es la constante dielctrica, $1\text{Ry} = \frac{me^4}{2\hbar^2} \approx 13{,}6\text{eV}$ es la energa del nivel fundamental del tomo de hidrgeno

ii) Halle la expresin de la concentracin de electrones en el nivel donor n_d, para un semiconductor fabricado con uno intrnseco agregando un a concentracin de impurezas donoras N_d.

iii) Exprese el balance de carga en este caso.

iv) La condicin de no degeneracin ahora es $\frac{|\mu - E_d|}{kT} \gg 1$.

Utilsela para calcular $\mu(T)$ y compare con $\mu_i(T)$ del ejercicio 1 para $N_d = 10^{12} m^{-3}$. Note la existencia de una regin de temperatura dominada por el comportamiento intrnseco y otra dominada por el comportamiento extrnsico. Estime el rango de temperatura en el cual vale la condicin de no degeneracin.

v) Obtenga $n_c(T)$ y $p_v(T)$ y compare con $n_i(T)$ del ejercicio 1.

Ayuda: Para i) la energa del nivel n de un tomo hidrogenoide de carga Ze es $E_n = \frac{-mZ^2e^4}{2\hbar^2 n^2}$ y el radio de la rbita $r_n = \frac{\hbar^2 n^2}{mZe^2}$. Por otro lado en un medio de constante dielctrica ε la carga nuclear se apantalla segn $Ze \to Ze/\varepsilon$.

4. Orbitas de impurezas: el InSb tiene un gap $E_g = 0{,}23\text{eV}$, una constante dielctrica $\varepsilon = 18$ y una masa efectiva $m_c^* = 0{,}015m$. Calcular

i) La energa de ionizacin del donor.

ii) El radio tpico del estado fundamental.

iii) La concentracin de donores a la que comenzarn a superponerse los orbitales correspondientes a tomos de impurezas adyacentes.

5. Ionizacin de donores: en un dado semiconductor hay 10^13 donores/cm^3, con una energa de ionoizacin $E_d = 1\text{meV}$ y una masa efectiva $m_c^* = 0{,}01m$.

i) Estimar la concentracin n de electrones de conduccin a T=4 K.

ii) Calcular el coeficiente Hall. Suponer que no hay impurezas aceptoras presentes y que $E_d \gg kT$. Recordar que $R_H = -1/nec$