E.T.S. DE INGENIERÍA INFORMÁTICA
Departamento de Física Aplicada II
Fundamentos Físicos de la Informática
Curso 2010/2011

BLOQUE III
Estado sólido y Semiconductores

1. Calcular la densidad de electrones libres en (a) Ag, de densidad 10,5 g/cm^3; (b) Au, de densidad 19,3 g/cm^3, admitiendo en ambos un electrón libre por átomo.
SOL: (a) n = 5,86·10^{22} e/cm^3; (b) n = 5,90·10^{22} e/cm^3

2. La resistividad del cobre es de 1,675.10^{-8} Ωm siendo la concentración de electrones en el mismo 8,48·10^{22} cm^{-3}. Determinar la velocidad de arrastre de los electrones de conducción al aplicar un campo eléctrico de 10 V/m. SOL.: v = 44,3·10^{-3} m/s

3. Calcular, en el cero absoluto, la energía máxima de los electrones libres en: (a) El aluminio, suponiendo que existen tres electrones libres por átomo; (b) La plata, suponiendo que existe un electrón libre por átomo.
DATOS: masa atómica Al = 26,97 u/at; masa atómica Ag= 107,9 u/at; densidad del Al= 2,7 g/cm^3; densidad de Ag= 10´5 g/cm^3; N_A= 6´023·10^{23} mol^{-1}; γ= 6´81·10^{27} m^{-3} eV$^{-3/2}$
SOL.: E_F(Al) = 11,7 eV; E_F(Ag) = 5,5 eV

4. La energía de Fermi de la plata es 5,1 eV. Calcular, a 300 K, la probabilidad de que esté ocupado un estado cuya energía es: (a) 5 eV; (b) 5´2 eV; (c) 6 eV; (d) Calcular la temperatura a la que la probabilidad de ocupación de un estado de 5´2 eV de energía es del 10%. DATO: k_B= 1´38·10^{-23} J/K
SOL.: (a) p(E_1)= 97,95%; (b) p(E_2)= 2,05%; (c) p (E_3)= 7,84·10^{-14} %; (d) T= 527,67 K.

5. Calcular la conductividad del cobre sabiendo que tiene un electrón libre por átomo y su movilidad es de 34,8 cm^2/Vs. DATOS: densidad = 8,9 g/cm^3; masa atómica Cu= 63,57 u/at; N_A= 6´023·10^{23} mol^{-1}
SOL: σ = 4.7 10^7 $^($Ωcm)$^{-1}$

6. Supóngase que la masa efectiva de los huecos en un material es 4 veces la de los electrones. ¿A qué temperatura el nivel de Fermi estará un 10% por encima del punto medio de la banda prohibida? Sea E_G= 1 eV.
SOL.: T= 557,6 K

7. Cuando la temperatura de un cristal de Ge intrínseco pasa de 20ºC a 30ºC, su conductividad se incrementa un 50 %. (a) Determinar la anchura de su banda prohibida, E_G. (b) En el caso del Silicio, E_G = 1,1 eV, ¿cuál es el porcentaje de cambio de su conductividad para el mismo cambio de temperatura?
SOL: (a) E_G = 0.64 eV; (b) 105%.

8. Se utiliza como resistencia de una zona de un circuito integrado una barra de silicio tipo-n de 2 mm de longitud y de 2.5•10^{-5}m^2 de sección. Sabiendo que la concentración de átomos donadores es 5•10^{13}cm^{-3} y que la movilidad de electrones es 1500 cm^2/Vs, determinar su resistencia a 300 K demostrando que la contribución de huecos es despreciable a la conductividad. Datos: μ_p = 475 cm^2/Vs; n_i = 1.45•10^{16} m^{-3}.
SOL.: R= 66,67 Ω.

9. Se sabe que cierto semiconductor tiene una densidad de 2.33 g cm^{-3} y una masa atómica de 28,09. El semiconductor se impurifica en una proporción de 2 átomos de boro por cada 10^6 átomos de dicho semiconductor. (a) Sabiendo que el semiconductor puro contiene un solo tipo de átomos del grupo IV de la tabla periódica, explicar qué tipo de semiconductor se genera con el dopado y dibujar un esquema a nivel atómico y un diagrama de bandas; (b) Calcular razonadamente la concentración de impurezas así como las concentraciones de electrones y huecos; (c) Calcular la diferencia de potencial entre los extremos de una muestra de dicho material de 3 mm de longitud y sección rectangular de 50μm × 100μm al ser atravesada por una corriente de 1μA.
DATOS: ni= 10^{16} m^{-3}; μ_p=μ_n= 2000 cm^2 V^{-1}s^{-1}; se supone ionización total de impurezas.
SOL.: (a) semiconductor extrínseco tipo-p; (b) 1▪10^{23} m^{-3}; n_p= 1▪10^9 m^{-3}; p_p= 1▪10^{23} m^{-3}; (c) V_A-V_B= 1,875▪10^{-4} V

10. Calcular la concentración de huecos y electrones en una muestra de Germanio tipo-p a 300 K sabiendo que la conductividad de la muestra a dicha temperatura es 100 $(\Omega cm)^{-1}$. Calcular la concentración de huecos y electrones en una muestra de Silicio tipo-n a 300 K sabiendo que la conductividad de la muestra a dicha temperatura es 0´1 $(\Omega cm)^{-1}$.
    DATOS para el Ge: e^{-}= -1´6·10^{-19} C; n_i (300 K)= 2´5·10^{13} cm^{-3}; μ_p=1800 cm^2/Vs
    DATOS para el Si: e^{-}= -1´6·10^{-19} C; n_i (300 K)= 1´5·10^{10} cm^{-3}; μ_n=1300 cm^2/Vs
    SOL: (Ge) p_p = 3,47·10^{23} m^{-3}; n_p = 1,80·10^{15} m^{-3}; (Si) p_n = 4,68·10^{11} m^{-3}; n_n = 4,81·10^{20} m^{-3}

11. Admitiendo que el valor del ancho de banda prohibida, las masas efectivas de electrones y huecos y las movilidades no varían con la temperatura, para una muestra de arseniuro de galio (AsGa):
    (a) Calcular la concentración intrínseca a temperatura ambiente (27ºC).
    (b) Calcular la concentración intrínseca para T= 800 K. Explicar razonadamente la diferencia obtenida entre ambos valores según la teoría de bandas de energía.
    (c) Calcular la conductividad eléctrica del AsGa intrínseco para ambas temperaturas.
    (d) Se dopa con Te el semiconductor AsGa a 300 K. Indicar razonadamente el tipo de semiconductor extrínseco resultante. En un diagrama de bandas de energía indicar la posición del nivel de Fermi.
    DATOS: N_C (300K) = 4,7•10^{17} cm^{-3} ; N_V (300K) = 7•10^{18} cm^{-3} ; μ_n = 8500 cm^2/(V•s) ; μ_p = 400 cm^2/(V•s) ; E_G= 1,43 eV ; K_B =1,38•10^{-23} J/K ; e- = -1,6•10^{-19} C
    SOL.: (a) n_i = 1,8105·10^{12} m^{-3} ; (b) n_i = 2,4962·10^{20} m^{-3}; (c) σ(300K) = 2,58•10^{-7} $(\Omega•m)^{-1}$; σ(800K) = 35,55 $(\Omega•m)^{-1}$

12. Una muestra de Germanio se impurifica con átomos donadores a razón de 10^{14} cm^{-3} y con átomos aceptores a razón de 7·10^{13} cm^{-3}. A la temperatura a la que se encuentra la muestra, la resistividad del Germanio puro (intrínseco) es de 60 Ωcm. Si se aplica a la muestra un campo eléctrico de 2 V/cm, calcular la densidad de corriente total de arrastre.
    DATOS: e^{-}= -1´6·10^{-19} C; μ_n= 3800 cm^2/Vs; μ_p= 1800 cm^2/Vs
    SOL: J = 524,21 Am^{-2}