

31. Una oblea de germanio está dopada con una densidad de donadores de  $3n_i/2$ . Calcular la densidad de electrones y de huecos.
32. Una oblea de silicio está dopada con una concentración de aceptores de  $10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Calcular la densidad de electrones y de huecos.
33. Calcular la energía del nivel donador en silicio dopado con fósforo usando el modelo de Bohr. La masa efectiva del electrón es:  $m_e = 0.33 m_0$ , y la permitividad relativa es  $\epsilon_r$  del Si es 11.7.
34. Calcular la energía del nivel aceptor en germanio dopado con aluminio usando el modelo de Bohr. La masa efectiva del hueco es:  $m_h = 0.16 m_0$ , y la permitividad relativa es  $\epsilon_r$  del Ge es 16.0.
35. Calcular la energía del nivel donador en fosfuro de indio, InP, dopado con estaño usando el modelo de Bohr. La masa efectiva del electrón es:  $m_e = 0.067 m_0$ , y la permitividad relativa es  $\epsilon_r$  del Si es 12.4.
36. Calcular la concentración de electrones y huecos en silicio a temperatura ambiente, suponiendo que el nivel de Fermi está situado a 0.87 eV por encima del borde de la banda de valencia.
37. Obtener una expresión para determinar la concentración de electrones y huecos en un semiconductor extrínseco, en función del dopado ( $N_d$ ,  $N_a$ ) y de la concentración intrínseca ( $n_i$ ). Utilizar la condición de neutralidad de carga en el semiconductor.
38. El 4H-SiC está dopado con  $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  átomos de nitrógeno donadores ( $E_c - E_d = 90 \text{ meV}$ ). Usar  $N_c = 4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ .
  - a) Calcular la densidad de electrones a 300 K.
  - b) Calcular la densidad de huecos a 300 K después de añadir  $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  átomos de aluminio aceptores ( $E_a - E_v = 220 \text{ meV}$ ). Usar  $N_v = 1.6 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ .
39. La movilidad de los electrones en GaAs es  $8800 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ . Calcular el tiempo promedio entre colisiones. Calcular la distancia recorrida entre dos colisiones (también llamado recorrido libre medio). Usar una velocidad promedio de  $10^7 \text{ cm/s}$ .
40. Una muestra de silicio dopada con arsénico ( $N_d = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ) tiene unas dimensiones de  $100 \mu\text{m}$  de largo,  $10 \mu\text{m}$  de ancho y  $1 \mu\text{m}$  de espesor. Calcular la resistencia de la muestra.
41. Una oblea de silicio está dopada con  $10^{13} \text{ cm}^{-3}$  de donadores superficiales y  $9 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$  de aceptores superficiales. Calcular la densidad de electrones y huecos a 300 K. ( $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ).
42. Calcular la conductividad y la resistividad del silicio intrínseco. Usar  $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ,  $\mu_n = 1400 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$  y  $\mu_p = 450 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ .
43. La expresión para el radio de Bohr se puede aplicar a un átomo hidrogenoide que consiste en un donador ionizado y el electrón que aporta el donador. Modificar la expresión para obtener este radio de una impureza ionizada y calcular el radio de Bohr de un electrón orbitando alrededor de un donador ionizado en silicio. Datos:  $\epsilon_r = 11.9$  y  $m_e^* = 0.26 m_0$ .
44. Los electrones en SiC tienen una movilidad de  $1000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ . ¿Para qué valor del campo eléctrico alcanzan los electrones una velocidad de  $3 \times 10^7 \text{ cm/s}$ ? Suponer que la movilidad es constante e independiente del campo eléctrico. ¿Qué voltaje será necesario

aplicar para obtener este campo en una región de 5 micras de espesor? ¿Cuánto tiempo tardarán los electrones en atravesar dicha región?

45. Las placas de un capacitor plano-paralelo están separadas por 0,1 mm relleno de aire.

a) ¿cuál es la capacidad si las placas tienen un área de  $1 \text{ cm}^2$ ?; b) Si rellenamos el espacio entre las placas con una lámina de polietileno, con permitividad relativa de 2,3, ¿qué capacidad obtendríamos ahora?

46. El momento dipolar de una molécula de NO, es  $0,5 \times 10^{-30} \text{ Cm}$ . La longitud del enlace N-O es de 0,115 nm. a) ¿cuál es la carga de los átomos? b) ¿qué átomo es más positivo?

47. Los siguientes datos corresponden a un cristal de MgO: permitividad relativa de 9,65, índice de refracción de 1,736, celda unidad cúbica con 4 unidades de la formula MgO y parámetro  $a_0 = 0,4207 \text{ nm}$ .

a) Estimar la polarizabilidad electrónica.

b) Estimar la polarizabilidad iónica.

48. Estimar la polarizabilidad y la permitividad relativa del granate  $\text{Ca}_3\text{Ga}_2\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ , a partir de los siguientes datos:

$\text{Ca}_3\text{Ga}_2\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ , cúbico  $a_0 = 1,3352 \text{ nm}$ ,  $Z = 8$

$\text{CaO}$ , polarizabilidad  $5,22 \times 10^{-30} \text{ m}^3$

$\text{Ga}_2\text{O}_3$ , polarizabilidad,  $8,80 \times 10^{-30} \text{ m}^3$

$\text{GeO}_2$  polarizabilidad,  $5,50 \times 10^{-30} \text{ m}^3$

49. Calcular la polarización de una lámina de dimensiones 10cm x 5cm x 0,5 mm de cuarzo, cuando se coloca sobre ella 0,5 kg de masa. El coeficiente piezoeléctrico d del cuarzo es  $2,3 \text{ pC/N}$ .

50. La permitividad relativa de una muestra cerámica de  $\text{PbZrO}_3$  en función de la temperatura, se da en la tabla adjunta. Determinar: a) la temperatura de Curie  $T_c$ , y la constante de Curie para esta muestra. ¿de qué tipo de material se trata?

|                    |     |      |      |      |      |      |      |     |
|--------------------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|
| $\epsilon_r$       | 130 | 142  | 166  | 222  | 360  | 420  | 472  | 556 |
| $T/^\circ\text{C}$ | 50  | 100  | 150  | 200  | 225  | 230  | 234  | 235 |
| $\epsilon_r$       | 775 | 3200 | 3000 | 2840 | 2440 | 1620 | 1240 | 840 |
| $T/^\circ\text{C}$ | 236 | 238  | 240  | 242  | 250  | 275  | 300  | 350 |