

## 5 PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE LOS MATERIALES: SEMICONDUCTORES

1. Cita dos diferencias entre materiales conductores y semiconductores.

2. Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- La conducción en semiconductores se debe sólo al movimiento de electrones.
- Los huecos son la ausencia de un electrón en un enlace covalente.
- Los huecos se comportan como una partícula cargada positivamente en el interior del semiconductor.

Los semiconductores intrínsecos:

- Son cristales de semiconductor puro.
- Tienen mayor número de electrones que de huecos.
- No tienen carga neta.

Los semiconductores extrínsecos:

- Tienen carga neta.
- Los tipos  $n$  están cargados negativamente.
- Los átomos donadores ceden un electrón libre.
- Los aceptores se convierten en iones negativos.
- En semiconductores tipo  $n$  la concentración de huecos aumenta respecto del intrínseco.

3. Escribe la ley de acción de masas y la de neutralidad eléctrica especificando claramente que son las magnitudes que intervienen.

4. Describe una experiencia que permita distinguir si un semiconductor es tipo  $p$  o tipo  $n$ .

5. ¿Qué tipo de impurezas hay que añadir a un semiconductor intrínseco para convertirlo en un semiconductor extrínseco de tipo  $n$ ? ¿Y en otro de tipo  $p$ ? Justifica las respuestas.

6. Representa el diagrama de bandas de energía para un semiconductor: a) intrínseca, b) extrínseco tipo  $p$ , y c) extrínseco tipo  $n$ .

7. Un cristal de germanio se contamina con antimonio, que tiene 5 electrones en su última capa electrónica. Señala si aumentan, disminuyen o permanecen constantes las siguientes magnitudes:

- a) La conductividad.
- b) La concentración de electrones.
- c) La concentración de huecos en el cristal.

Justifica brevemente las respuestas.

8. Explica la generación de un par electrón–hueco en un semiconductor según la teoría de las bandas de energía.

9. Un semiconductor extrínseco tipo  $n$  está formado por silicio con un dopado de  $10^{17}$  átomos de antimonio/cm<sup>3</sup>. Teniendo en cuenta que la concentración intrínseca del silicio a 300 K es  $n_i = 1,5 \cdot 10^{10}$  partículas/cm<sup>3</sup> ¿Cuál es la concentración de huecos y de electrones en dicho semiconductor a 300 K?

**10.** Explica las diferencias que se producen al realizar la experiencia de Hall a un semiconductor extrínseco de tipo  $n$  y a uno de tipo  $p$ . Justifica la respuesta.

**11.** Halla la concentración de electrones y huecos en el silicio en las circunstancias siguientes:

- Silicio puro a 300 K
- A 300 K dopado con arsénico en una concentración de  $5 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$
- A 300 K dopado con galio en una concentración de  $2 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$
- Silicio puro a 500 K ( $n_i(500 \text{ K}) = 3,7 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$ )
- A 500 K dopado con galio en una concentración de  $5 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$
- A 500 K dopado con arsénico en una concentración de  $2 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$ .

**12.** Explica brevemente el diferente comportamiento de la conductividad de un semiconductor frente a la temperatura según sea este intrínseco o extrínseco. Además, indica, en el dibujo, a que clase de semiconductor corresponde cada curva.

**13.** Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- La difusión tiende a homogeneizar las concentraciones.
- Los procesos de difusión, aunque suponen movimientos de carga, no dan lugar a corrientes eléctricas en el semiconductor.
- La corriente de difusión de huecos es proporcional al gradiente de la concentración de huecos.
- A mayor número de huecos, mayor número de recombinaciones.
- Si por causas externas al semiconductor se genera un exceso de electrones y huecos, al desaparecer estas condiciones de equilibrio no vuelven a alcanzarse.

**14.** Explica brevemente porqué aparece una diferencia de potencial en una unión  $p-n$  en circuito abierto.

**15.** Di en cual o cuales de los siguientes casos existe movimiento de cargas por difusión, justificando brevemente la respuesta:

- Un conductor homogéneo conectado a una fuente de tensión.
- Un semiconductor homogéneo conectado a una fuente de tensión.
- Una unión  $pn$  (diodo) conectada en forma directa a una fuente de tensión

**16.** Explica brevemente el diferente comportamiento de la conductividad de un semiconductor frente a la temperatura según sea este intrínseco o extrínseco. Además, indica, en el dibujo, a qué clase de semiconductor corresponde cada curva.

**17.** Halla la resistividad del silicio en las circunstancias siguientes:

- A 300 K.
- A 300 K dopado con indio en una concentración de  $5 \cdot 10^{20} \text{ átomos/m}^3$
- A 500 K ( $n_i(500 \text{ K}) = 3,7 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$ )
- A 500 K dopado con indio en una concentración de  $5 \cdot 10^{20} \text{ átomos/m}^3$

Sol:  $2250 \text{ } \Omega\text{m}$ ;  $0,25 \text{ } \Omega\text{m}$ ;  $0,09 \text{ } \Omega\text{m}$ ;  $0,1 \text{ } \Omega\text{m}$

**18.** A una barra de germanio de  $2 \text{ cm}^2$  de sección y longitud  $10 \text{ cm}$  se le aplica una diferencia de potencial de  $10 \text{ V}$  entre sus extremos. Calcula a  $300 \text{ K}$ :

- a) Resistividad del germanio.
- b) Resistencia de la barra.
- c) Velocidad de arrastre de electrones y huecos.
- d) Intensidad de corriente.

Sol:  $\rho = 0,462 \Omega\text{m}$ ;  $R = 231 \Omega$ ;  $v_n = 39 \text{ m/s}$ ;  $v_p = 18 \text{ m/s}$ ;  $I = 43,3 \text{ mA}$

**19.** Un semiconductor intrínseco contiene  $10^{20}$  pares electrón–hueco por  $\text{m}^3$ . Calcular la resistividad, sabiendo que las movilidades son  $\mu_n = 0,2 \text{ m}^2/\text{Vs}$ ;  $\mu_p = 0,06 \text{ m}^2/\text{Vs}$

Sol:  $\rho = 0,24 \Omega\text{m}$

**20.** Sea una barra de silicio de sección  $2 \text{ mm}^2$ , cuya concentración de electrones, no uniforme, sigue la ley  $n = kx$ , siendo  $k = 2 \cdot 10^{19} \text{ electrones/m}^4$ . Determina la corriente de difusión existente en la barra. (Consultar tabla 8-1).

Sol:  $22,4 \text{ nA}$ .

**21.** Una barra de semiconductor con dopado no uniforme tiene una concentración de huecos en sus extremos de  $p_1 = 10^{16}$ ,  $p_2 = 10^{22} \text{ huecos/m}^3$  ¿Qué diferencia de potencial existirá entre los extremos?.

Sol:  $V_{21} = -0,36 \text{ V}$