

## TEMA 2.3 DIFUSIÓN EN SÓLIDOS

1. El coeficiente de difusión para el Al en el Cu es  $2,5 \cdot 10^{-20} \text{ cm}^2/\text{s}$  a  $200^\circ\text{C}$  y  $3,1 \cdot 10^{-13} \text{ cm}^2/\text{s}$  a  $500^\circ\text{C}$ . Calcular la energía de activación para la difusión del Al en Cu.
2. El coeficiente de difusión para el Zn en el Cu es  $1,4 \cdot 10^{-17} \text{ cm}^2/\text{s}$  a  $300^\circ\text{C}$  y  $8,0 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$  a  $600^\circ\text{C}$ . Determinar:
  - a) La energía de activación  $Q$
  - b) La constante de difusión  $D_0$  para el Zn en el Cu.
3. Una hoja de Fe de  $0,01 \text{ cm}$  de espesor separa una cámara de reacción en 2 secciones. Un gas que contiene  $5 \cdot 10^{20}$  átomos de  $\text{H}/\text{cm}^3$  está a un lado de la hoja y un gas que contiene  $3 \cdot 10^{19}$  átomos de  $\text{H}/\text{cm}^3$  en el otro.
  - a) Determinar el gradiente de concentración del hidrógeno en la hoja
  - b) Calcular la densidad de flujo de átomos de hidrógeno si el sistema se mantiene a  $911^\circ\text{C}$  donde el Fe es cúbico centrado en el cuerpo. Datos:  $D_0$  del H en Fe cc =  $0,0012 \text{ cm}^2/\text{s}$ ;  $Q$  del H en Fe cc =  $3600 \text{ cal/mol}$
  - c) Evaluar la densidad de flujo de átomos de hidrógeno si el sistema está a  $913^\circ\text{C}$  donde el Fe es cúbico centrado en las caras. Datos del H en Feccc:  $D_0 = 0,0063 \text{ cm}^2/\text{s}$ ;  $Q = 10300 \text{ cal/mol}$
4. Considérese el gas carburante de un engranaje de acero a  $927^\circ\text{C}$ . Calcule el tiempo (en minutos) necesario para incrementar el contenido en carbono hasta  $0,4\%$  a  $0,5 \text{ mm}$  bajo la superficie. Suponga que el contenido en C en la superficie es  $0,9\%$  y que el acero tiene un contenido en carbono de  $0,2\%$ . Dato:  $D_{927^\circ\text{C}} = 1,28 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$
5. Considérese el gas carburado de una pieza de acero a  $927^\circ\text{C}$ . Calcular el contenido en carbono a  $0,5 \text{ mm}$  por debajo de la superficie de la pieza durante un proceso de carburación de 5 horas. El carbono en la superficie de la pieza es del  $0,9\%$  y el acero tiene un  $0,2\%$ .  
 $D_{927^\circ\text{C}} = 1,28 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$
6. Una pieza de acero de  $0,2\%$  de carbono se somete a cementación gaseosa a  $1000^\circ\text{C}$ . La concentración de equilibrio en la superficie es de  $0,9\%$  de carbono. Calcúlese:
  - a) El tanto por ciento de contenido en carbono a  $0,0254 \text{ cm}$  por debajo de la superficie al cabo de una hora.
  - b) el tiempo necesario para alcanzar la misma concentración de carbono a la misma profundidad que en el caso anterior, pero a una temperatura de  $900^\circ\text{C}$ .  
 $D = 0,21 \exp(-33800/RT) \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$   
(Considerar que el valor de la energía de activación viene expresado en  $\text{cal/mol}$ )
7. Considérese la difusión de impurezas de galio en una oblea de silicio. Si el galio se difunde en una oblea que no tenía anteriormente Ga, a una temperatura de  $1100^\circ\text{C}$  durante 3 horas, y considerando que la concentración en la superficie es  $10^{24} \text{ at}/\text{m}^3$  ¿Cuál es la profundidad por debajo de la superficie en la que la concentración es  $10^{22} \text{ at}/\text{m}^3$ ?  
La difusividad a  $1100^\circ\text{C}$  es  $7 \cdot 10^{-17} \text{ m}^2/\text{s}$

8. Difundimos fósforo en una capa gruesa de silicio sin contenido previo en fósforo a una temperatura de 1100 °C. Si la concentración del fósforo en la superficie es  $1 \cdot 10^{18}$  at/cm<sup>3</sup> y su concentración a una milimicra de profundidad es  $1 \cdot 10^{15}$  at/cm<sup>3</sup>. ¿Cuál debe ser el tiempo de difusión?  $D = 3 \cdot 10^{-13}$  cm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> para el P en Si a 1100 °C.

9. Se forma un par difusivo entre el cobre puro y una aleación cobre-níquel. Después de calentar el par a 1273 K (1000°C) durante 30 días, la concentración del níquel en el cobre es de 10 % a 0,50 mm de la intercara cobre-aleación cobre-níquel. ¿Cuál era la composición inicial de la aleación cobre-níquel?. La constante de difusión y la energía de activación para la difusión del Ni en Cu son  $2,7 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s y 236000 J/mol, respectivamente.  $K = 8,31$  J/mol.K

10. Se difunde Aluminio en Silicio y se pide:

a) ¿A qué temperatura valdrá el coeficiente de difusión  $10^{-14}$  m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>, si para la difusión de Al en Si la energía de activación vale 305140 J.mol<sup>-1</sup> y la constante de difusión  $1,55 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>? ( $K = 8,31$  J.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>)

b) ¿A qué temperatura la penetración del aluminio en silicio, en una hora, será la mitad que a la temperatura calculada en el apartado a), en el mismo tiempo?