

Tema 6.3

Enlace metálico

Tema 6.3 - Esquema del tema

- Definición de metal
- Definición de enlace metálico
- El modelo del mar de electrones
- La teoría de bandas
- Metales, semiconductores, y aislantes

Enlace metálico

Por **metal, elemento metálico o sustancia metálica**, entendemos a todo **elemento químico que presenta una serie de propiedades características**, llamadas justamente **propiedades metálicas**.

Propiedades características del estado metálico:

- a. **Alta reflectancia** para la luz visible (**brillo metálico**)
- b. **Ductibilidad y maleabilidad**
- c. **Alta conductividad eléctrica**
- d. **Alta conductividad térmica**
- e. **Facilidad para poder arrancar sus electrones de valencia**

Enlace metálico

a) El modelo del mar de electrones:

Enlace y propiedades. Una visión simple del enlace deslocalizado de un metal es el del “mar de electrones”: los electrones de valencia forman un mar de cargas negativas que mantiene firmemente unidos a los átomos. El “mar de electrones” puede desplazarse por lo que los metales son conductores. Además, los metales son maleables (se trabajan bien en hojas) y dúctiles (se pueden convertir en alambres delgados) (figura 4.14).

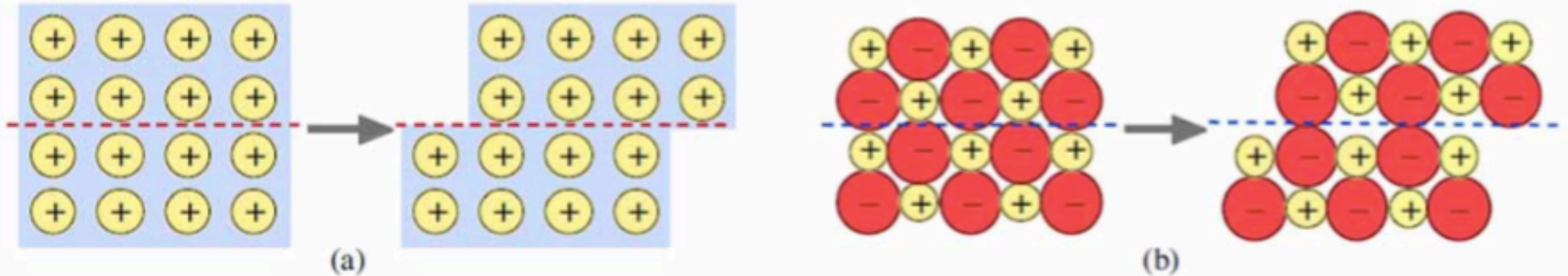


Figura 4.14. (a) El desplazamiento del cristal metálico según un plano no produce grandes fuerzas de repulsión. (b) El desplazamiento de un cristal iónico según un plano produce intensas fuerzas de repulsión y distorsión del cristal.

Enlace metálico

b) La teoría de bandas:

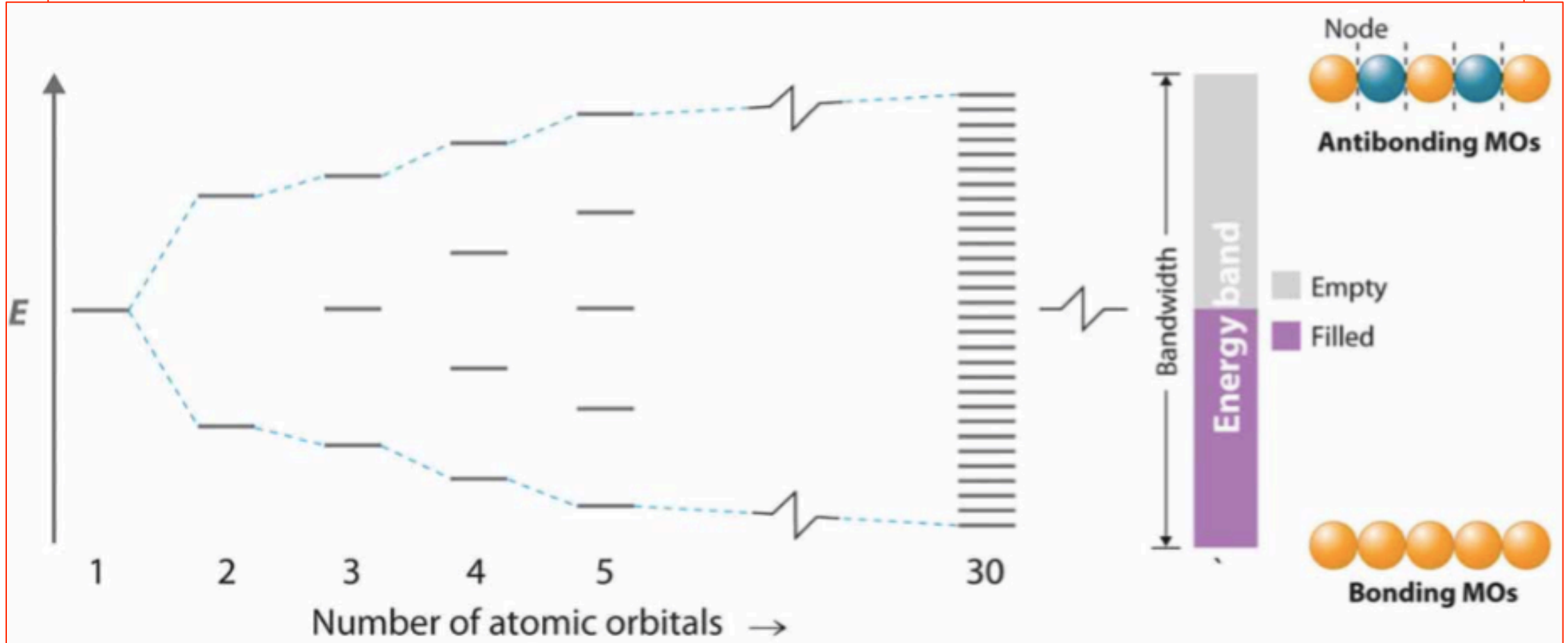
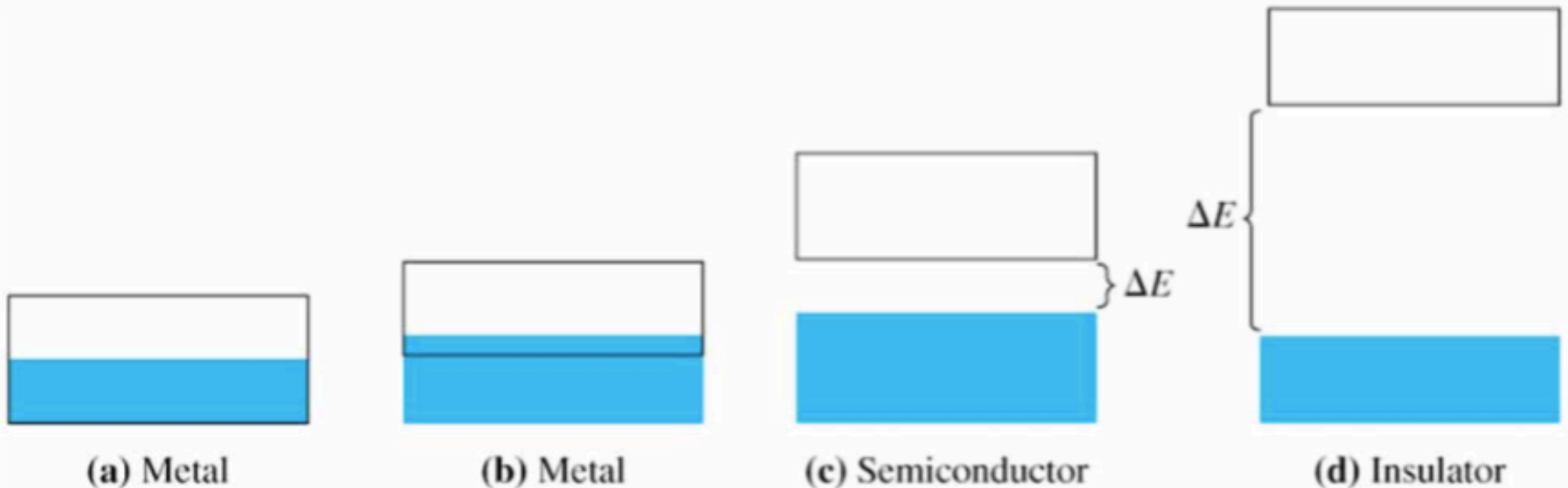


Diagrama energético de OM. Al aumentar el número de orbitales atómicos que se combinan, aumenta el número de OM formados y los niveles de energía se aproximan hasta llegar a formar una banda.

Metales, semiconductores, y aislantes según la teoría de bandas.

En los sólidos, la conductividad eléctrica es casi siempre debida al movimiento de electrones y se llama *conductividad electrónica* o también *conductividad metálica*, ya que la presentan fundamentalmente (pero no únicamente) los metales. Respecto de la conducción electrónica, un material puede ser *conductor metálico*, *semiconductor*, *superconductor* o *aislante*. La conductividad electrónica de un sólido se explica adecuadamente en términos de bandas de orbitales moleculares.



Semiconductores. Un semiconductor tiene un agujero entre bandas pequeño, de forma que, a $T > 0$ K, la agitación térmica de algunos electrones puede ser suficiente como para que salten a la banda vacía, permitiendo la conductividad (figura 4.11).

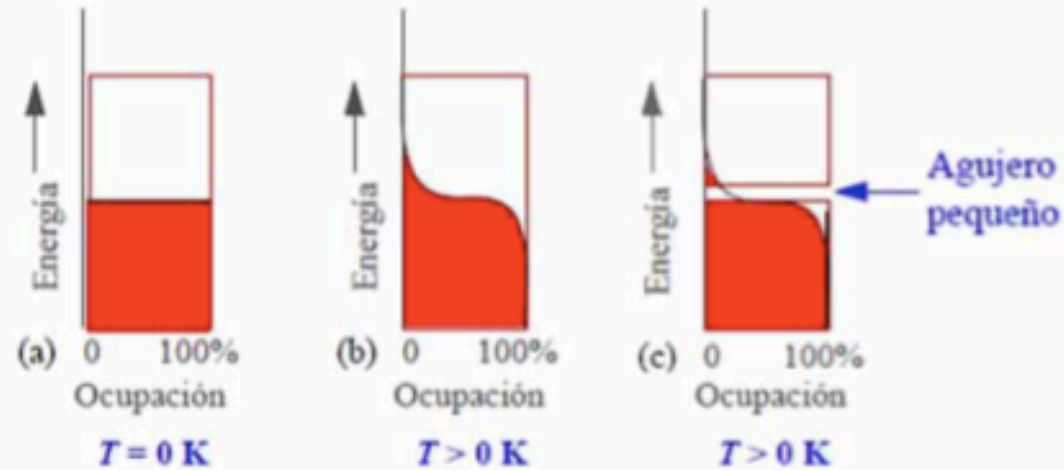


Figura 4.11. (a) A $T = 0$ K, los electrones ocupan los orbitales de las bandas por orden de energía. (b) A $T > 0$ K, la agitación térmica de los electrones hace que algunos de ellos puedan ocupar niveles de energía mayores. (c) Un semiconductor, a $T = 0$ K, tiene una banda llena y otra vacía con un agujero de energía relativamente pequeño. A $T > 0$ K, algunos electrones saltan de la banda llena a la vacía, posibilitando la conducción.

La conductividad de los semiconductores es normalmente intermedia entre la de los aislantes y la de los conductores metálicos. Sin embargo, el criterio para distinguir entre un conductor metálico y un semiconductor es que la conductividad del semiconductor *aumenta* con la temperatura

Diferencias conductor/semiconductor.

Tipos de semiconductores.

DIFERENCIAS CUANTITATIVAS

Conductividad ($\Omega \text{ m}$) ⁻¹		
$< 10^{-8}$	aislantes	Cuarzos, plásticos,...
10^{-8}	Semiconductores intrínsecos	Silicio, germanio
$10^{-8} - 10^6$	Semiconductores extrínsecos	Si o Ge con impurezas de Ga, In Sb, P, etc.
$10^6 - 10^8$	conductores	Cobre, plata,...

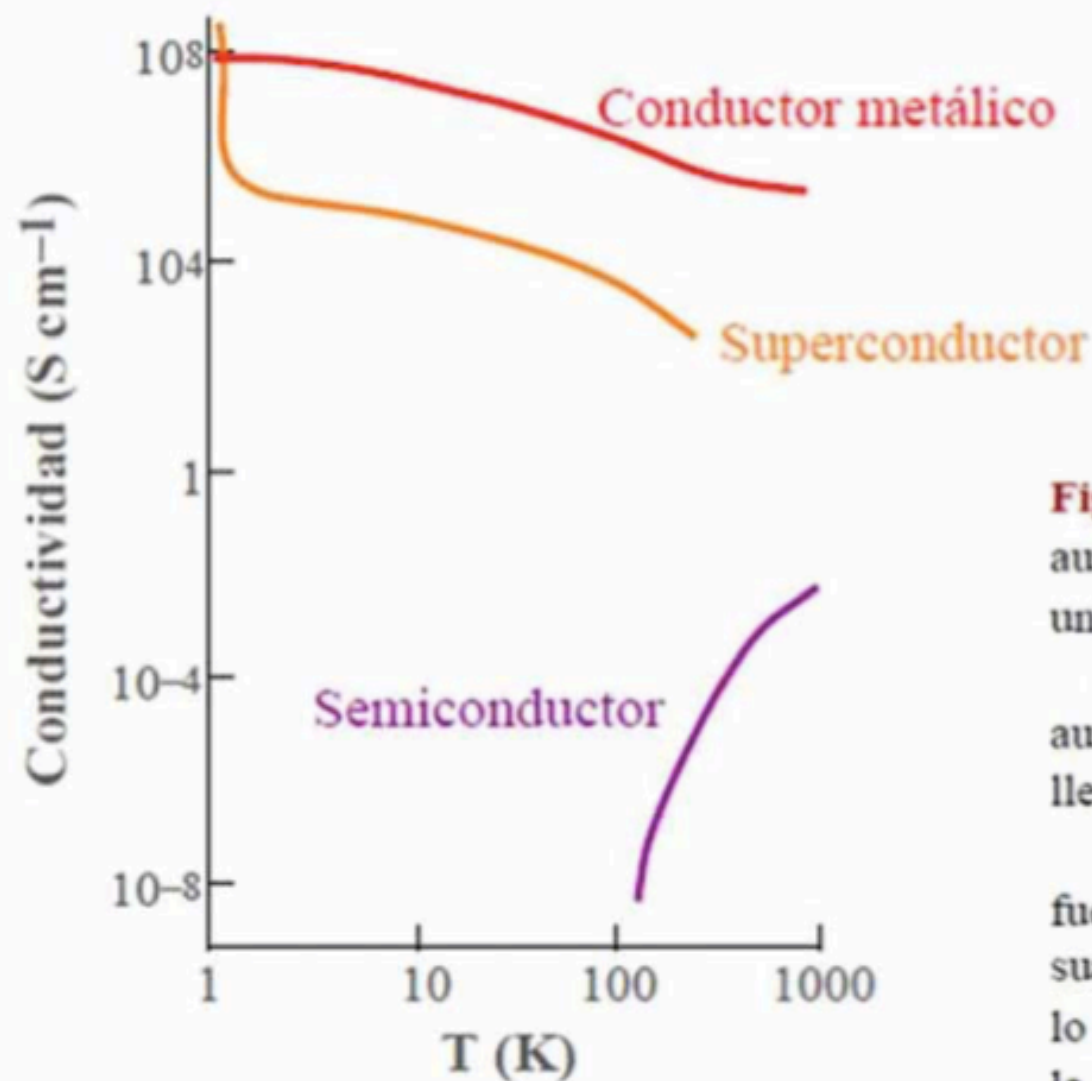


Figura 4.12. La conductividad de un semiconductor aumenta fuertemente con la temperatura, mientras que la de un conductor metálico disminuye.

En un semiconductor, al aumentar la temperatura aumenta el número de electrones que pasan de la banda llena a la vacía, y, por tanto, su capacidad conductora.

En un conductor metálico, hay un efecto contrario más fuerte que el anterior. Para que un electrón pueda moverse suavemente, es necesario que los átomos estén dispuestos lo más uniformemente posible. Al aumentar la temperatura, la estructura cristalina pierde uniformidad y el electrón pierde movilidad, por lo que la conductividad disminuye.

Un superconductor (ver debajo) se caracteriza por conducir a bajas temperaturas sin resistencia eléctrica (conductividad infinita).

Tipos de Semiconductores

En los semiconductores el intervalo prohibido de energía (GAP)(E_g) es pequeño, $< 2\text{eV}$. Los semiconductores intrínsecos son aquellos cuyo comportamiento eléctrico se basa en la estructura electrónica inherente al material puro. Cuando estas características están determinadas por átomos de impurezas, entonces se dice que es un semiconductor extrínseco.

Semiconductores intrínsecos y extrínsecos. Un semiconductor intrínseco es aquel que lo es por sí mismo. Las propiedades semiconductoras de un material se pueden mejorar sustituyendo (*dopando*) algunos de los átomos de su red cristalina por otros que tengan un número distinto de electrones. La concentración de dopante necesaria es muy baja, alrededor de 1 átomo en 10^9 . Este tipo de conductores se llaman extrínsecos (figura 4.13).

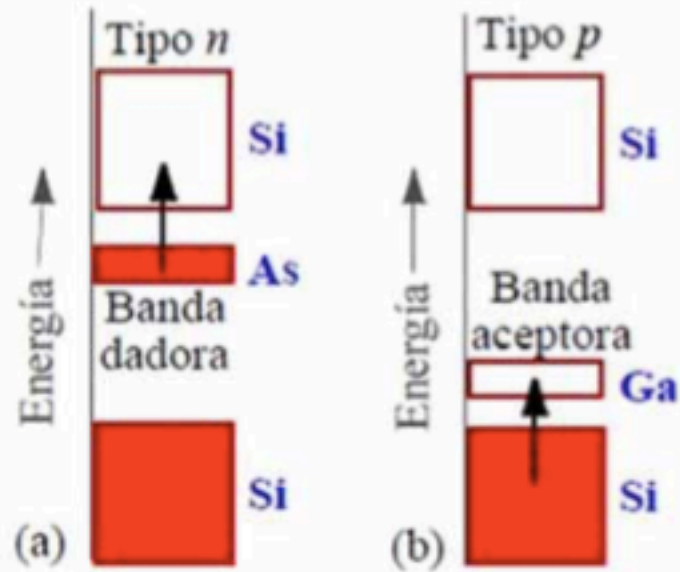
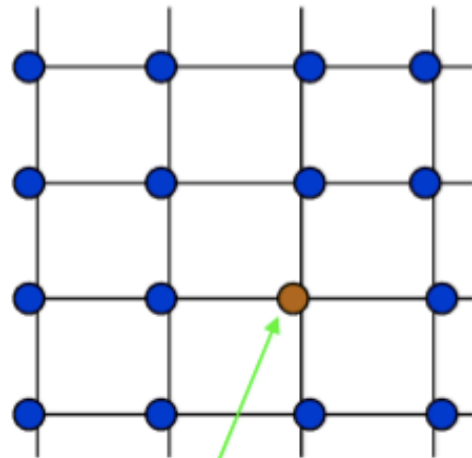


Figura 4.13. (a) Al dopar un cristal de silicio con átomos de As, hay un electrón adicional por cada átomo dopante. Estos electrones adicionales están en una banda localizada en los átomos de As, que es muy estrecha si los átomos de As están muy alejados unos de otros. A $T > 0$, algunos de los electrones del As saltan a la banda vacía del Si, es decir a un átomo vecino de Si, migrando de silicio en silicio a través de la red cristalina.

(b) Al dopar un cristal de silicio con átomos de Ga, hay un electrón menos por cada átomo dopante: se forma una banda aceptora vacía que puede aceptar, a $T > 0$, electrones de la banda llena del Si. De esta forma se introducen agujeros electrónicos en el silicio, dando lugar a la semiconductividad.

Semiconductores extrínsecos

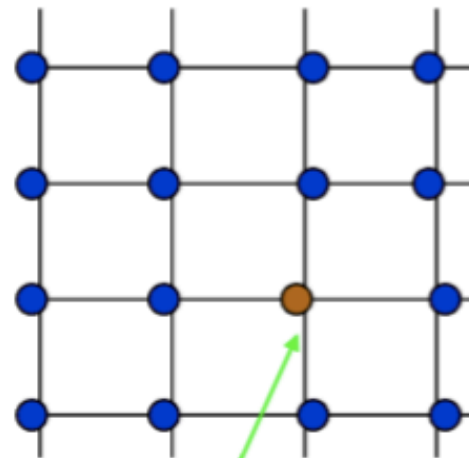
tipo p



Ga

Con 3 electrones de val.

tipo n



As

Con 5 electrones de val.

En la red de Si (con 4 el. de valencia) algunos átomos son sustituidos por otros con deficiencia de electrones (Ej. Ga) o con exceso (ej. As)