

MATERIALES SEMICONDUCTORES

1. Introducción

- ✿ Algunos materiales de estructura cristalina tienen características eléctricas intermedias entre los materiales conductores y los aislantes, las que en condiciones ordinarias pueden presentar propiedades correspondientes a uno u otro grupo, y se les conoce con el nombre de materiales semiconductores.

- ✿ Inicialmente los semiconductores se definieron como materiales peor conductor que los metales, pero mejor que los aislantes.
- ✿ Mas tarde fueron definidos como materiales cuya conductividad aumenta con la temperatura.
- ✿ Posteriormente se los definió como conductores electrónicos cuyo numero de electrones libres varia con la temperatura.

2. Propiedades eléctricas

- ✿ Las propiedades y comportamiento de los semiconductores es estudiado en forma más profunda por la física del estado sólido.

✿ Conductividad eléctrica

- ✿ Es la capacidad de conducir la corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de potencial, y es una de sus propiedades físicas más importantes de los semiconductores. En estos materiales es posible incrementar el nivel de la conductividad mediante; aumento de la temperatura, incremento de la radiación de la luz, o integrando impurezas en su estructura molecular. Estos cambios originan un aumento del número de electrones o huecos liberados, los se encargan de transportar la energía eléctrica.

✿ Banda prohibida

- ✿ Es la banda de energía que separa la banda de valencia de la banda de conducción, y es una característica propia de cada material.
- ✿ La energía correspondiente a la banda prohibida en alguno de estos materiales es:

$E_g = 1.1 \text{ eV}$ - silicio

$E_g = 0.67 \text{ eV}$ - germanio

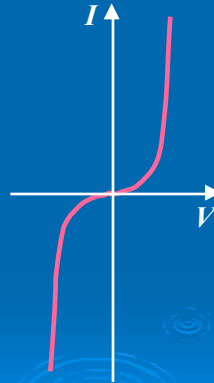
$E_g = 1.2 \text{ eV}$ - selenio

$E_g = 1.4 \text{ eV}$ - arseniuro de galio



✿ Característica voltaje-corriente

- ✿ Al elevar el voltaje aplicado al semiconductor la corriente aumenta considerablemente más rápido que el voltaje, observándose una relación no lineal entre la corriente y el voltaje. Y al invertir el voltaje la relación entre la corriente y el voltaje es similar, por lo que los semiconductores tienen una característica voltaje-corriente simétrica.



✿ Movilidad de los portadores

- ✿ La movilidad de los portadores de la corriente es la relación entre la velocidad de movimiento dirigido de electrones o huecos y la intensidad del campo eléctrico, igual a 1 V/cm .

3. Clasificación

Por su composición química

- ✦ Material compuesto de átomos de un solo elemento: germanio, silicio, selenio, fósforo, boro, galio.
- ✦ Material compuesto de óxidos metálicos: óxido cuproso, óxido de zinc, óxido de cadmio, bióxido de titanio.
- ✦ Material a base de composiciones químicas de átomos con de 3 y 5 electrones de valencia, como ser los siguientes compuestos: antimonio de indio, antimonio de galio. Composiciones químicas de átomos con de 2 y 6 electrones de valencia. Composiciones químicas de átomos con de 6 y 4 electrones de valencia, como ser el carburo de silicio.
- ✦ Materiales de procedencia orgánica, como ser los compuestos policíclicos aromáticos (naftalina).

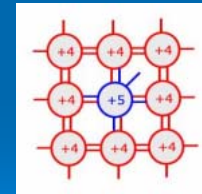
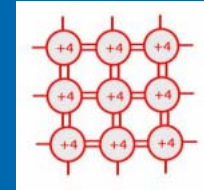
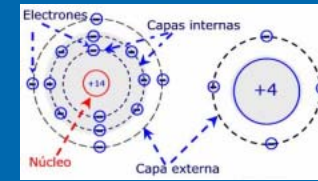
Por su estructura cristalina

- ✦ Monocristalinos, elaborado en forma de cristales grandes, como el germanio, silicio.
- ✦ Policristalinos, compuesto por varios cristales soldados unos con otros, como el selenio, carburo de silicio.

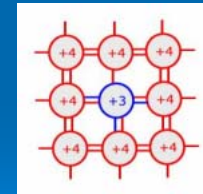
Por el tipo de conducción

- ✦ Intrínsecos, cuando la conductividad crece al aumentar temperatura del material. Es una característica de los materiales puros, aunque prácticamente no existe un cristal 100% puro, se lo denomina a los semiconductores que no contiene impurezas.
- ✦ Extrínsecos, cuya conductividad crece al aumentar las impurezas o contaminación en el material. Al proceso de impurificación se le llama también dopado, y se utiliza para obtener electrones libres que sean capaces de transportar la energía eléctrica a otros puntos del cristal.

El proceso de impurificación permite alterar sensiblemente las características de los materiales semiconductores, y consiste en agregar átomos de otra sustancia a un cristal intrínseco, que pueden ser átomos pentavalentes (donadores del grupo V) con 5 electrones periféricos de valencia, o trivalentes (aceptores, del grupo III) con 3 electrones periféricos de valencia. La diferencia del número de electrones de valencia entre el material dopante (del que acepta o del que confiere electrones) y el material receptor hace que crezca el número de electrones de conducción negativos (tipo n) o los huecos positivos (tipo p).



Tipo n – impureza pentavalente,
donador: Arsénico, fósforo,
antimonio



Tipo p – impureza trivalente,
aceptador: Indio, galio, aluminio

Por su característica constructiva

- ✿ Diodo
- ✿ Tiristor
- ✿ Triac
- ✿ GTO
- ✿ Transistor



4. Silicio

- ✿ Es el elemento semiconductor más utilizado en la fabricación de los componentes electrónicos de estado sólido, esto debido a que después del oxígeno es el elemento más abundante en la superficie terrestre (27,7% en peso). El silicio, a diferencia del carbono, no existe en forma libre en la naturaleza, se encuentra en forma de dióxido de silicio (sílice) y de silicatos complejos, el primero se encuentra la arena, cuarzo, amatista, ágata, pedernal y ópalo, y en la segunda forma se encuentra en el granito, feldespato, arcilla, y mica.



- El silicio comercial se obtiene a partir de sílice de alta pureza, la que es fundida en hornos de arco eléctrico reduciendo el óxido con electrodos de carbono ($>1900\text{ }^{\circ}\text{C}$). El silicio producido por este proceso se denomina metalúrgico y tiene una pureza superior al 99%. Para la construcción de dispositivos semiconductores es necesario un silicio de mayor pureza, silicio ultra puro, que puede obtenerse por métodos físicos o químicos.

- Los métodos físicos de purificación del silicio metalúrgico se basan en la mayor solubilidad de las impurezas en el silicio líquido, de forma que éste se concentra en las últimas zonas solidificadas.
- Los métodos químicos exponen al silicio de alta pureza a un compuesto de silicio a temperaturas de 900 a $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$, obteniéndose el silicio policristalino. Los compuestos comúnmente usados son el triclorosilano, el tetracloruro de silicio y el silano. Para obtener un silicio monocristalino se utiliza el proceso Czochralski (obtención de un lingote mediante el uso de una semilla).

5. Germanio

- El germanio es un metal frágil, de color agrisado, muy brillante, en alguna de sus propiedades se parece al carbón y en otras al estaño. El germanio se encuentra muy distribuido en la corteza terrestre con una abundancia de 6.7 partes por millón (ppm). El germanio se halla como sulfuro o está asociado a los sulfuros minerales de otros elementos, como el cobre, zinc, plomo, estaño y antimonio. También se lo obtiene de las cenizas de carbón.



- El primer dispositivo de estado sólido, fue hecho de germanio. Los cristales especiales de germanio se usan como sustrato para el crecimiento en fase vapor de películas finas de GaAs y GaAsP en algunos diodos emisores de luz. Se emplean lentes y filtros de germanio en aparatos que operan en la región infrarroja del espectro. Mercurio y cobre impregnados de germanio son utilizados en detectores infrarrojos.

6. Selenio

- El selenio se encuentra en la naturaleza generalmente acompañando al azufre y en algunos minerales como la crookesita.
- El selenio presenta dos modificaciones alotrópicas, una el selenio rojo no metálico y el selenio gris que en todas las temperaturas es estable.



- La variedad metálica, estado en la que se emplea el selenio en la práctica, presenta dos modificaciones:
 - Mala conductora de electricidad.
 - Buena conductora
- La transformación de la forma A en la B se la realiza elevando la temperatura por encima de 200 °C, o mediante la aplicación de luz a la temperatura ambiente.

	Resistividad (Ω -cm)	ϵ_r	Densidad (g/cm ³)	Punto de fusión °C
Silicio	6.7×10^4	11.7-12	2.328	1420
Germanio	46-68	15.7-16	5.32	958.5
Selenio	1.6×10^4	6.1-6.3	4.8	217
Carburo de silicio	10^4 - 10^7	6.5-7.5	3.2	1600