

Tema 8.- FUNDAMENTOS DE LOS SEMICONDUCTORES: DISPOSITIVOS (RESUMEN)

• Tipos de Sólidos

Sólidos Amorfos (sin forma), las partículas no tienen estructura ordenada (el hule y el vidrio).

Sólidos Cristalinos, las partículas tienen una estructura ordenada la cohesión puede estar causada por enlaces iónicos o covalentes.

• Bandas de energía en sólidos cristalinos

La energía de un electrón en un átomo sólo puede tomar valores determinados (**estados cuantizados**). Cuando se acercan dos átomos idénticos se produce un **desdoblamiento** de los niveles energéticos. En un sólido cristalino si se tienen N átomos idénticos, sus niveles energéticos se separan en N niveles energéticos casi iguales. En un sólido cristalino macroscópico N es un número muy grande (del orden de 10^{23}) y los niveles están espaciados de modo casi continuo constituyendo lo que se llama una **banda de energía**.

La banda de energía más alta que contiene electrones se llama **banda de valencia**. La banda inmediatamente superior a la banda de valencia, con estados posibles pero no ocupados, se llama **banda de conducción**. En el caso que la banda de valencia no esté completamente llena coincide con la banda de conducción.

Las bandas permitidas (de valencia y de conducción) se hallan separadas por **bandas prohibidas** que no pueden ser ocupadas.

Un sólido es conductor de la electricidad, aislante o semiconductor dependiendo de su estructura de bandas. Por tanto, en función de su **conductividad eléctrica** podemos distinguir entre:

-aislantes. Su banda de valencia está completa y separada de la banda de conducción por una banda prohibida de energía de unos cuantos eV. P. ej.: 6 eV para el diamante.

-conductores. Podemos tener **dos situaciones**: a) la banda de valencia no está totalmente llena y, b) la banda de valencia está llena pero se solapa con la banda de conducción que está vacía. En ambos casos bajo la acción de un campo eléctrico externo los electrones pueden adquirir pequeñas cantidades de energía que les permite pasar a cualquiera de los

estados vacíos cercanos que se encuentran dentro de la banda. El resultado es un movimiento electrónico colectivo por el cristal (**corriente eléctrica**).

-semiconductores (intrínsecos). La banda prohibida de energía entre la banda de valencia completa y la banda de conducción vacía es muy pequeña (1 eV o menos), de modo que es relativamente fácil excitar térmicamente electrones de la banda de valencia a la de conducción. P. ej.: la banda prohibida es de 1.1 eV para el Si y de 0.7 eV para el Ge. Por cada **electrón** en la banda de conducción hay una vacante o **hueco** en la banda de valencia. La conducción eléctrica es debida tanto al movimiento de los pocos electrones de la banda de conducción como al movimiento efectivo de los **huecos** (como si fueran electrones positivos). En los semiconductores la resistencia disminuye con la temperatura, al revés que ocurre en los metales.

• Semiconductores intrínsecos y extrínsecos

La conductividad puede aumentarse **dopando** el material semiconductor con **impurezas donadoras (tipo n)** donde la conducción es por cargas negativas o con **impurezas receptoras (tipo p)** donde la conducción es por cargas positivas o **huecos**. Se habla entonces de **semiconductores extrínsecos**.

• El efecto Hall

El efecto Hall nos permite determinar el signo y la concentración de portadores en elementos por los que circula una corriente eléctrica (conductores y semiconductores).

Aplicando un campo magnético B en dirección perpendicular a una corriente eléctrica I que circula por una cinta de espesor a y altura d , sobre los portadores de carga aparece una fuerza magnética que los desplaza en dirección perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente. La separación de cargas origina un campo eléctrico (campo Hall E_H) y entre la parte superior e inferior de la cinta (paralelas a la dirección de B) se establece una diferencia de potencial, potencial Hall:

$$V_H = E_H \cdot d = v_a B d$$

Midiendo el potencial Hall podemos conocer el signo de los portadores y determinar su concentración n , a partir de la expresión:

$$V_H = R_H \frac{I \cdot B}{a}$$

R_H es la constante Hall, que para un conductor vale:

$$R_H = -\frac{1}{n \cdot e}$$

siendo e la carga del electrón en valor absoluto y n la concentración de portadores en el material. Gracias al efecto Hall se puso de manifiesto que las cargas móviles en los conductores son electrones.

• El diodo de unión

El diodo de unión consiste en la unión de un semiconductor de tipo p con otro de tipo n.

Tras la unión se produce una difusión de portadores de carga en ambos sentidos lo que deja una zona cargada a ambos lados de la unión, la **zona de transición**, que impide que continúe el proceso de difusión. Se representa con el símbolo eléctrico:



Cuando el diodo se conecta a un generador tenemos dos situaciones. Cuando el polo positivo del generador se conecta al polo p del diodo, éste conduce la corriente y se habla de **polarización directa**. Si el polo p del diodo se conecta al polo negativo del generador se habla de **polarización inversa**. En este caso el diodo conduce una corriente que en general se puede despreciar.

La **curva característica** del diodo relaciona la tensión V aplicada entre los bornes del diodo y la intensidad que circula a través del mismo. Viene dada por la expresión:

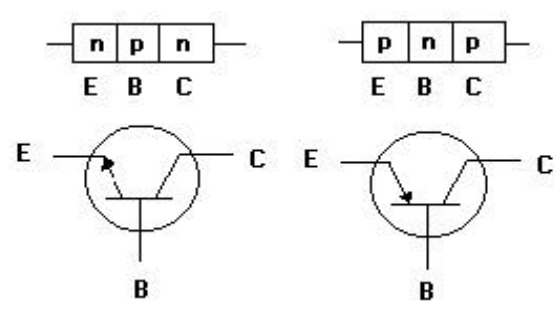
$$I = I_0 \left[\exp\left(\frac{V}{V_T}\right) - 1 \right]$$

donde $V_T = 25.8 \text{ mV}$ (a 300°K), e I_0 es la corriente inversa de saturación. Podemos ver cómo el diodo no sigue la ley de Ohm. Entre otras aplicaciones, el diodo se puede utilizar para **rectificar la corriente**.

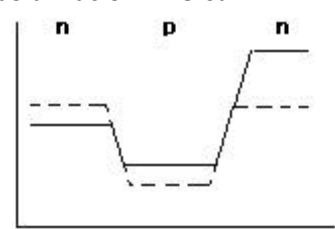
• El transistor de unión

El transistor consiste en una unión **npn** o bien **pnp**.

Los diferentes semiconductores se denominan **emisor**, **base** y **colector**. La base es estrecha y está débilmente dopada con respecto al emisor y colector. Existen varias configuraciones para usar el transistor.



Una de ellas es la denominada **configuración de base común**. En esta configuración (por ejemplo para el transistor npn), la primera unión np está en polarización directa mientras que la segunda unión pn está en polarización inversa.



Esto hace que las barreras de potencial iniciales (línea de trazos) se modifiquen (línea continua). Debido a la reducción de la barrera de potencial entre emisor y base, se inyectan algunos electrones de E a B (y algunos huecos de B a E; pocos puesto que la base está poco dopada). Puesto que la d.d.p. entre base y colector es grande, la mayoría de los electrones se ven acelerados fuertemente hacia el colector mientras algunos electrones fluyen a través de la base. El resultado es que el circuito queda dividido en dos partes tales que la corriente en una gobierna la corriente en la otra. El parámetro beta (ganancia) del transistor se define como:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

Este parámetro es del orden de 100: pequeñas corrientes en la base controlan grandes corrientes en el colector. La corriente del emisor es:

$$I_E = I_C + I_B \cong I_C$$

I_E viene determinada por la d.d.p. entre base y emisor y es prácticamente independiente de la d.d.p. entre base y colector. Así, la corriente de la base modula una gran corriente de electrones que atraviesa el cristal del emisor al colector. El transistor se puede por tanto utilizar como un **amplificador de señal**. Además el transistor, a diferencia de otros componentes, es unidireccional: la entrada condiciona la salida pero no a la inversa.