



OBJETIVO

Determinación de la distancia entre la banda de germanio

RESUMEN

Los Semiconductores muestran sólo para altas temperaturas una conductividad eléctrica medible. El origen de esta dependencia térmica es la estructura de bandas de los niveles energéticos electrónicos con, una banda de valencia, una banda de conducción y una zona intermedia, que en el caso de material semiconductor puro y no dotado no puede ser ocupada por electrones. Con temperatura creciente, más y más electrones se activan térmicamente y pasan de la banda de valencia a la banda de conducción, dejando "huecos" en la banda de valencia. Los huecos se

mueven bajo la influencia de un campo eléctrico como partículas cargadas positivamente y contribuyen así como los electrones a la densidad de corriente. Para determinar la conductividad en germanio puro y no dotado, en el experimento se hace pasar una corriente constante a través del cristal y se mide la correspondiente caída de tensión en dependencia con la temperatura. Los datos de medida se pueden describir, en buena aproximación, por medio de una función exponencial, en la cual aparece la distancia entre bandas como un parámetro.

TAREAS

- Medición de la conductividad eléctrica de germanio no dotado en dependencia con la temperatura.
- Determinación de la distancia entre la banda de valencia y la banda de conducción.

OBSERVACIÓN

En la práctica, la conductividad intrínseca de semiconductores puros juega sólo un papel secundario. Por lo general, los cristales muestran impurezas. Frecuentemente los cristales muy puros se hacen conductores por medio de una dotación controlada con átomos donadores o aceptadores. La influencia de esta dotación se puede mostrar cuando los estudios aquí presentados, también se realizan con germanio dotado-p resp. dotado-n. La conductividad de cristales dotados es a temperatura ambiente es claramente mayor que la del cristal puro, sin embargo, para altas temperatura se acerca a la conductividad intrínseca, ver Fig. 4. La dependencia con la temperatura del coeficiente de Hall de los cristales de germanio utilizados se estudia con más detalles en el experimento UE6020200.



EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Ge no dotado en placa de circuito impreso	1008522
1	Aparato básico del efecto Hall	1009934
1	Base con orificio central 1000 g	1002834
1	Transformador con rectificador 3/ 6/ 9/ 12 V, 3 A (230 V, 50/60 Hz)	1003316
	Transformador con rectificador 3/ 6/ 9/ 12 V, 3 A (115 V, 50/60 Hz)	1003315
1	Multímetro digital P3340	1002785
1	Par de cables de experimentación de seguridad, 75 cm	1002849
1	Par de cables de experimentación de seguridad, 75cm, rojo/azul	1017718
Recomendado adicionalmente:		
1	p-Ge sobre placa de circuito impreso	1009810
	n-Ge sobre placa de circuito impreso	1009760
1	3B NETlog™ (230 V, 50/60 Hz)	1000540
	3B NETlog™ (115 V, 50/60 Hz)	1000539
1	3B NETlab™	1000544

FUNDAMENTOS GENERALES

La conductividad eléctrica es una magnitud física fuertemente dependiente del material. Por ello es frecuente clasificar los materiales de acuerdo con su conductividad eléctrica. Como semiconductor se denomina un cuerpo sólido que sólo para altas temperaturas muestra una conductividad eléctrica medible. Origen de ello es la estructura de bandas de los niveles energéticos electrónicos, con una banda de valencia, una banda de conducción y una zona intermedia, la cual en un material puro y no dotado no se puede ocupar con electrones.

En el estado base la banda de valencia es la más alta ocupada con electrones, la banda de conducción es la siguiente más alta y no ocupada con electrones. La distancia entre las dos bandas se denomina

como distancia de banda E_g y es una magnitud que depende del material; en el caso del germanio es de aprox. 0,7 eV. Al aumentar la temperatura, más y más electrones se activan térmicamente de la banda de valencia a la banda de conducción y dejan "huecos" en la banda de valencia. Los huecos – denominados también como electrones de defecto – se mueven bajo la influencia de un campo eléctrico E como partículas cargadas positivamente y contribuyen, así como los electrones, a la densidad de corriente (ver Fig. 1).

(1) $j = \sigma \cdot E$
 σ : Conductividad eléctrica del material semiconductor

En este proceso los electrones y los electrones defecto se mueven en el campo con velocidades de arrastre medias diferentes:

(2) $v_n = -\mu_n \cdot E$ e $v_p = \mu_p \cdot E$
 μ_n : Movilidad de los electrones
 μ_p : Movilidad de los electrones de defecto

Esta conducción originada por la activación de electrones desde la banda de valencia a la banda de conducción se denomina conducción propia o intrínseca (intrinsic conduction).

En equilibrio térmico el número de electrones en la banda de conducción corresponde al número de electrones de defecto en la banda de valencia. Es decir, que la densidad de corriente para la conducción propia se puede expresar como:

(3) $j_i = -e \cdot n_i \cdot v_n + e \cdot n_i \cdot v_p = e \cdot n_i \cdot (\mu_n + \mu_p) \cdot E$.

Así, la conductividad intrínseca es igual a:

(4) $\sigma_i = e \cdot n_i \cdot (\mu_n + \mu_p)$,

en tanto que la dependencia con la temperatura de la densidad de portadores de carga n_i de los electrones resp. de los electrones de defecto se expresa como:

(5) $n_i = 2 \cdot \left(\frac{2\pi}{h^2} \cdot \sqrt{m_n m_p} \cdot kT \right)^{3/2} \cdot \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right)$

$k = 8,617 \cdot 10^{-5} \frac{eV}{K}$: Constante de Boltzmann,

h : Constante de Planck

m_n : Masa efectiva del electrón

m_p : Masa efectiva de los electrones de defecto

T : Temperatura de la muestra

También las movilidades μ_n y μ_p dependen de la temperatura. En el rango de temperaturas por encima de la temperatura ambiente

(6) $\mu \sim T^{-1/2}$

El término dominante para la dependencia con la temperatura de la conductividad es dado, sin embargo, en todo caso por la función exponencial. Por lo tanto la conductividad para altas temperaturas, se puede expresar en la siguiente forma

(7) $\sigma_i = \sigma_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right)$.

En el experimento para la determinación de la conductividad en el germanio puro y no dotado se hace pasar una corriente constante I a través del cristal de germanio y se mide la correspondiente caída de tensión U . De los datos de medida, debido a las relaciones

(8) $U = a \cdot E$ resp. $I = b \cdot c \cdot j$
 a, b, c Dimensiones del cristal

Se puede calcular la conductividad σ :

(9) $\sigma = \frac{I}{U} \cdot \frac{a}{b \cdot c}$

EVALUACIÓN

La ecuación (7) se puede modificar en la siguiente forma:

$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_g}{2kT}$

Por lo tanto se hace una gráfica teniendo $y = \ln \sigma$ contra $x = \frac{1}{2kT}$ y se

determina la distancia entre bandas E_g a partir de la pendiente de las rectas resultantes.

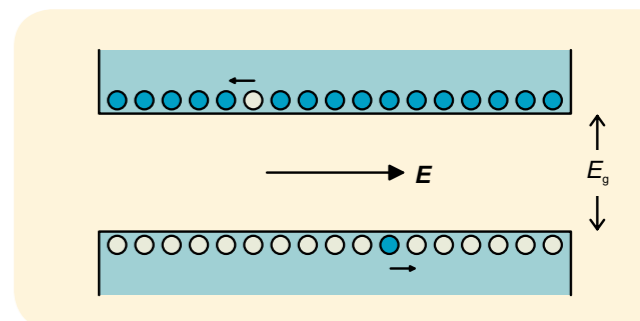


Fig. 1: Estructura de bandas del semiconductor con un electron en la banda de conducción y un electrón de defecto en la banda de valencia, ambos son arrastrados bajo la influencia del campo E

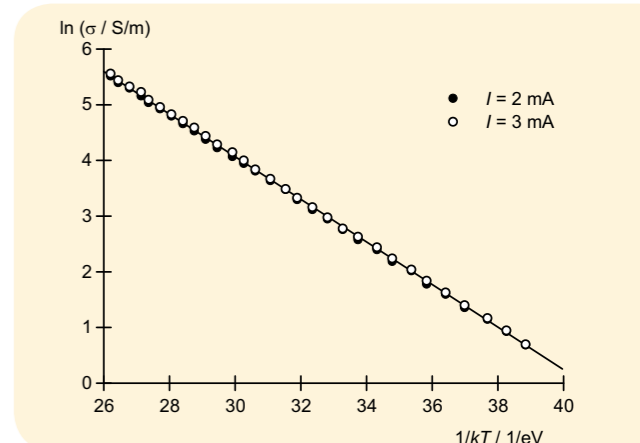


Fig. 2: Representación para la determinación de la distancia entre bandas E_g en germanio

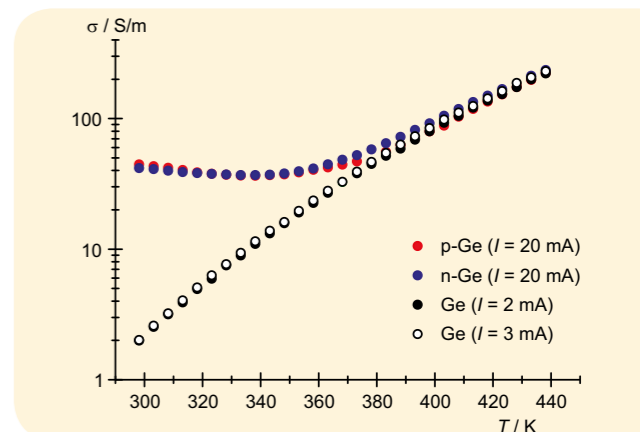


Fig. 3: Comparación de las conductividades de germanio puro con germanio dotado