

CARTAS AL EDITOR \_\_\_\_\_

## EXPRESIÓN EMPÍRICA PARA EL COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DEL GaAs:p

Elena Vigil

Laboratorio de Investigaciones en

Electrónica del Estado Sólido (LIEES)

### RESUMEN

Suponiendo una dependencia del coeficiente de absorción  $\alpha \sim (h\nu - E_g)^{1/2}$  para energías por encima de la banda prohibida,  $E_g$ , y una dependencia exponencial  $\alpha \sim \exp(h\nu/E_0)$  para el borde de absorción, se han ajustado los

datos experimentales de Casey et al (5) utilizando el método de mínimos cuadrados. Se dan expresiones matemáticas y los correspondientes valores de los parámetros de ajuste que permiten calcular el valor del coeficiente de absorción entre 1,35 - 1,5 eV y para concentraciones en el rango de  $10^{17} < p < 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ .

#### ABSTRACT

A spectral dependence  $\alpha \sim (h\nu - E_g)^{1/2}$  has been assumed for the absorption coefficient in the larger than band-gap energy range and an exponential dependence  $\alpha \sim \exp(h\nu/E_0)$  for the absorption edge in order to adjust Casey et al. experimental data (5). The method of minimum square has been used. Mathematical expressions and the corresponding adjusting parameters are given which allow calculation of the absorption coefficient in the 1,35 - 1,5 eV energy range and for concentrations  $10^{17} < p < 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ .

Se han ajustado datos experimentales publicados para el coeficiente de absorción del GaAs tipo p con el objetivo de hallar una expresión matemática en función de la concentración de impurezas en el rango de  $10^{17} - 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  y para energías alrededor del umbral de absorción de 1,3 a 1,5 eV. Aunque el objetivo ha sido la utilización de dicha expresión en la determinación de la longitud de

difusión de los electrones en el GaAs: p según la técnica propuesta por Hwang (1) para el GaAs: n, ésta resulta también de utilidad para determinar dicho parámetro a partir de la técnica propuesta por Kustov (2) y también la de Phillips (3). La utilización de valores del coeficiente de absorción correspondientes al material puro, como se hace en (2) da lugar a errores en la determinación de este parámetro y la interpolación de valores a partir de los datos publicados se facilita con las expresiones aquí propuestas. En particular, en la determinación de la longitud de difusión de los electrones en las celdas solares de GaAs con ventana de  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  por el método propuesto por (3) se facilita la elaboración de los datos con las expresiones aquí halladas. Por otra parte, para el cálculo teórico de ciertas características de dispositivo optoelectrónico como DEL y LASERS con zonas activas de GaAs (4) también resulta de utilidad el poseer expresiones matemáticas del coeficiente de absorción de este material en función de la concentración de impurezas y de la energía de los fotones.

La dependencia espectral del coeficiente de absorción del GaAs tipo p alrededor del umbral de absorción ha sido reportada por Casey et al (5) para muestras con concentraciones en el rango de  $1,5 \cdot 10^{16}$  a  $1,6 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ . Los autores establecen en 10% de error en sus datos, lo cual con-

cuerda con valores reportados por Sturge (6) para GaAs puro. Una característica interesante de sus resultados es que aún para energías correspondientes a transiciones entre estados en la parte supuestamente parabólica de la banda, los valores del coeficiente de absorción dependen bastante fuertemente de la concentración de impurezas. Esto está de acuerdo con resultados teóricos (7) y mediciones de fotoluminiscencias realizadas (8).

Las expresiones analíticas en función de la concentración para el GaAs: p en el rango de 1,35-1,5 eV han sido determinadas a partir de los resultados de Casey (5), utilizando el método de mínimos cuadrados y suponiendo una dependencia exponencial con la energía para aquellos valores por debajo de los de la banda prohibida (9). Para las energías mayores se ha utilizado la dependencia  $(h\nu - E_g)^{1/2}$  correspondiente a transiciones directas entre bandas parabólicas (10). Las expresiones generales se dan en términos de los parámetros S,  $E_g$ , u, T y  $E_0$  (ver expresiones /1/ y /2/). Para cada uno de estos parámetros se dan dos valores, uno para concentraciones entre  $10^{17} - 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  y otro para el rango  $10^{18} - 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ . Para concentraciones menores que  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  el coeficiente de absorción es prácticamente independiente de la concentración (5). El valor de  $E_g$  utilizado en el rango de  $10^{18} - 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  se corresponde con el dado por (7). A continuación se dan las expresiones del

coeficiente de absorción,  $\alpha$ , para los dos rangos de energías considerados así como los valores de los parámetros determinados del ajuste a los datos experimentales de (5) utilizando mínimos cuadrados.

$$\alpha = S (h\nu - E_g)^{1/2}, \quad h\nu \geq E_g + 0,01 \text{ eV} \quad /1/$$

$$\alpha = T \exp [-(u - h\nu) / E_0], \quad h\nu \leq E_g - 0,01 \text{ eV} \quad /2/$$

Valores de los parámetros en el rango de concentración

$$10^{17} < p \leq 10^{18} \text{ cm}^{-3}$$

$$S = 30\,900 \text{ cm}^{-1} \text{ eV}^{1/2} \quad /3/$$

$$E_g = 1,408 \text{ eV} \quad /4/$$

$$T = 7\,500 \text{ cm}^{-1} \quad /5/$$

$$u = 1,425 \text{ eV} \quad /6/$$

$$E_0 = 1,52 \log p - 17,4 \text{ meV} \quad /7/$$

Valores de los parámetros en el rango de concentración

$$10^{18} < p \leq 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$S = 32\,250 \exp [-(4,568 \cdot 10^{-20} p)] \text{ cm}^{-1} \text{ eV}^{1/2} \quad /8/$$

$$E_g = 1,424 - 1,6 \cdot 10^{-8} p^{1/3} \text{ eV} \quad /9/$$

$$T = 2\,400 \text{ cm}^{-1} \quad /10/$$

$$u = 1,408 \text{ eV} \quad /11/$$

$$E_0 = 5,15 \log p - 82,7 \text{ meV} \quad /12/$$

El valor de  $E_0$  no sólo depende de las imperfecciones que originan las impurezas intencionales y sería mucho más conveniente siempre que fuera posible determinarlo de espectros de fotoluminiscencia, ya que la dependencia espectral de la señal fotoluminiscente para energías por debajo de  $E_g$  puede escribirse como: (1)

$$I(h\nu) = A(h\nu)^2 \exp[-(h\nu + E_0) / KT]$$

En los casos donde no sea posible la obtención del espectro de fotoluminiscencia, pueden utilizarse las expresiones /7/ y /12/.

Las expresiones dadas resultan convenientes para los cálculos numéricos por computación. En caso contrario, en las Figs. 1, 2 y 3 se dan los valores de  $S$ ,  $E_g$  y  $E_0$  para facilitar los cálculos a mano del coeficiente de absorción.

En las Figs. 4 y 5 la correspondencia entre los valores de  $\alpha$  obtenidos de las expresiones propuestas y los valores experimentales de Casey puede ser observada.

#### BIBLIOGRAFÍA

- (1) C. J. Hwang, J. Appl. Phys. 40, 3731 (1969)
- (2) V.G. Kustov, V.P.Orlov, Fiz. Tekh. Poluprov. 3, 1728 (1969)
- (3) W.E. Phillips, Solid State Electronics, 15, 1097 (1972)

- (4) J.C. Dymant, F.P. Kapron y A.J. Springthorpe, IEEE Trans. en Electron Devices, ED-24, 995 (1977)
- (5) H.C. Casey Jr., D.D. Sell y K.W. Wecht, J. Appl. Phys. 46, 250 (1975)
- (6) M.D. Sturge, Phys. Rev. 127, 768 (1962)
- (7) H.C. Casey Jr. y F. Stern, J. Appl. Phys. 47, 631 (1976)
- (8) M. García, Tesis de Especialidad, Univ. de La Habana (1977)
- (9) J.I. Pankove, Phys. Rev., 140, A2059 (1965)
- (10) G.B. Bassani, Rendiconti della Scuola Internazionale di Fisica "Enrico Fermi", 33 (1966)

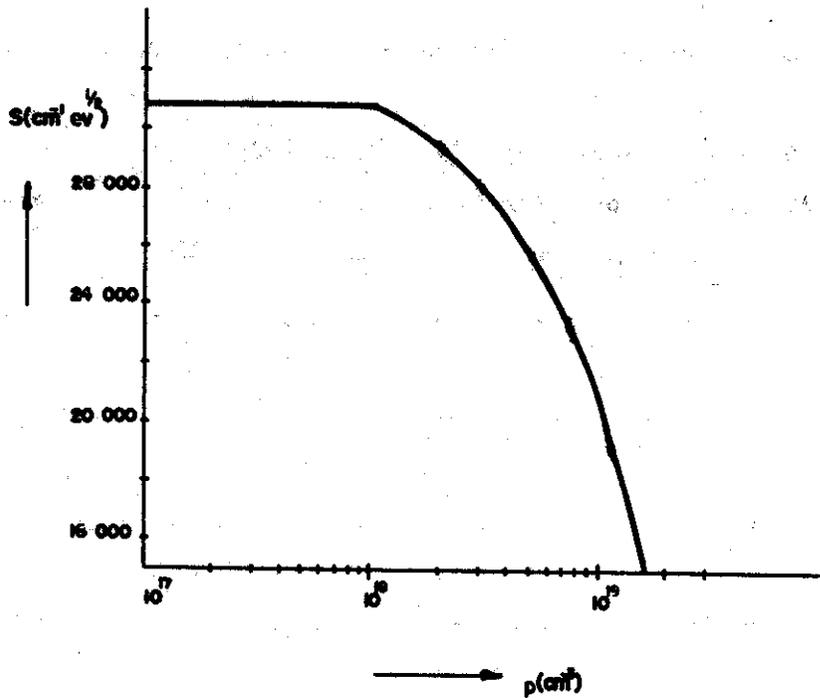


Fig. 1 Dependencia del parámetro  $S$  con la concentración dada por las expresiones /3/ y /8/

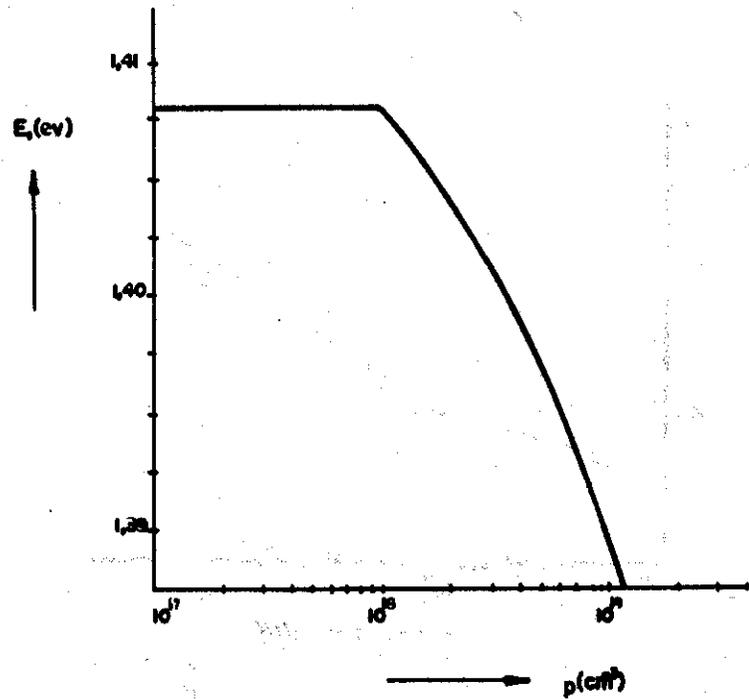


Fig. 2 Dependencia del parámetro  $E_g$  con la concentración dada por las expresiones /4/ y /9/

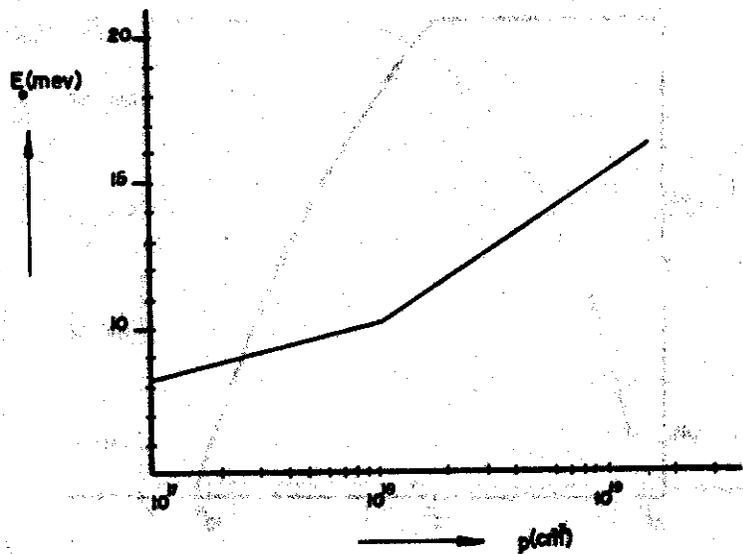


Fig. 3 Dependencia del parámetro  $E_0$  con la concentración dada por las expresiones /7/ y /12/

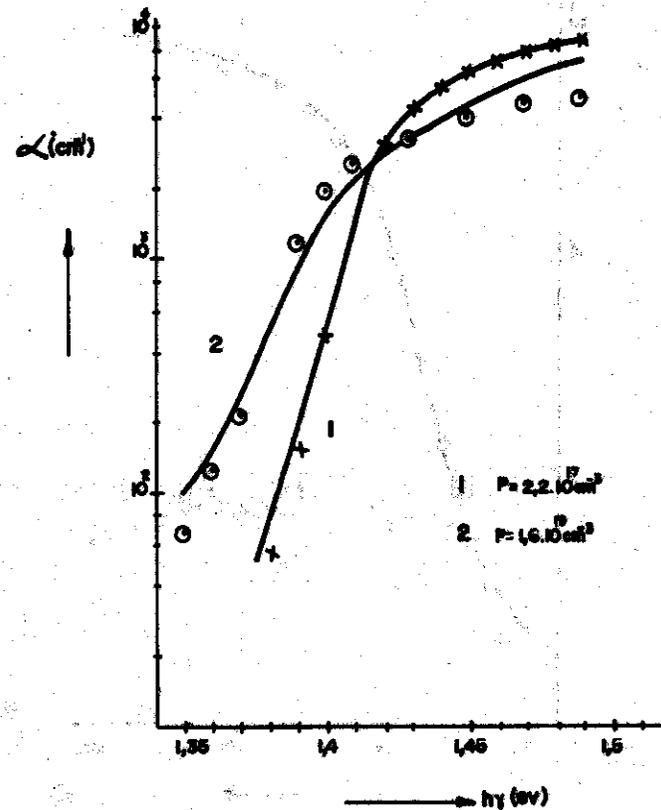


Fig. 4 Comparación de los resultados experimentales de (5) para el coeficiente de absorción  $\alpha$  (curva continua) con los valores calculados a partir de las expresiones propuestas para las concentraciones  $p = 2,2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  y  $p = 1,6 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  (puntos señalados)

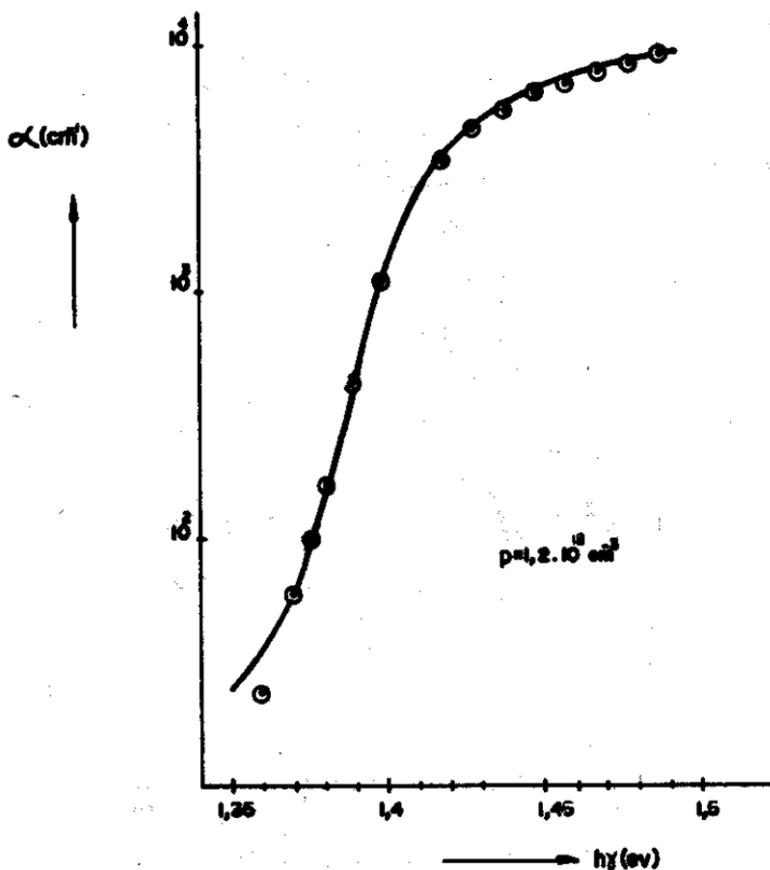


Fig. 5 Comparación de los resultados experimentales de (5) para el coeficiente de absorción  $\alpha$  (curva continua) con los valores calculados a partir de las expresiones propuestas para la concentración  $p = 1,2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  (puntos señalados)