

# Coefficiente de absorción en pozos cuánticos cilíndricos

Pedro Pajón Suárez, Instituto Superior Pedagógico *Enrique José Varona*  
Rolando Pérez Álvarez, Universidad de La Habana

## RESUMEN

---

En este trabajo se presentan resultados numéricos para el coeficiente de absorción de un QW cuasi 1D de GaAs, a partir de la teoría desarrollada previamente. Se encuentran discrepancias con los valores reportados por otros autores y se discute al respecto.

## ABSTRACT

---

Absorption coefficient in a quasi one dimensional (Q1D) GaAs system is calculated from the previous theory developed by the authors. Numerical results are shown. Some discrepancies to the results reported in other papers are remarked; discussion about this is done.

## INTRODUCCIÓN

---

Los sistemas cuasiunidimensionales (cuasi 1D) y cuasibidimensionales (cuasi 2D) a semiconductores vienen siendo crecientemente estudiados en los últimos años debido a sus promisorias posibilidades de uso en la Electrónica submicrónica [1-3].

Entre ambos tipos de sistemas, los cuasi 2D han sido ya bastante investigados, a diferencia de los cuasi 1D, cuyo estudio recién comienza.

En los trabajos [4-5] se analiza el problema de la reconstrucción del espectro de pozos cuánticos (QW) 1D a partir de un esquema de autoconsistencia. Aunque el potencial obtenido no resulta seccionalmente constante, esta aproximación se usa en todos los trabajos en que se calculan propiedades eléctricas [6] y ópticas [7-10] por su simplicidad y porque su consideración debe conllevar a los mismos resultados cualitativos. En todos ellos el pozo cuántico cuasi 1D se modela por una región de potencial y masa efectiva constantes y sección transversal rectangular o circular, cuyo exterior es inaccesible para el portador.

En un trabajo anterior [11] presentamos los cálculos relativos a la reconstrucción del espectro para el caso de sección transversal circular, pero con valores finitos del potencial y la masa efectiva fuera del cilindro. Se obtuvo que los resultados difieren ostensiblemente desde el punto de vista cuantitativo cuando se permite en el cálculo que el portador no se confine completamente en el QW.

En [12] presentamos la teoría para el coeficiente de absorción de sistemas cuasi 1D, las reglas de selección correspondientes y un análisis numérico preliminar.

En el presente trabajo, hacemos una discusión un tanto más detallada, de los resultados numéricos para el coeficiente de absorción de un QW cuasi 1D de GaAs, comparándolos con los reportados en [8].

#### COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PARA UN QW QUASI 1D

Utilizando la teoría desarrollada en [12] y empleando la misma nomenclatura, se obtiene para el coeficiente de absorción en un pozo de sección transversal cuadrada:

$$\alpha = \alpha_1 \frac{CR}{\hbar\omega} \sum_{n,1} \left[ \frac{\hbar\omega - E_g}{R} - \frac{\pi^2(n^2 + 1^2)}{(\mu/m_0)(L/a_0)^2} \right]^{-1/2}$$

donde  $\alpha_1 = \beta |\vec{e} \cdot \vec{p}|^2$ , ( $\beta = 10^{45} \text{ g}^{-1} \text{ erg}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ),  $\mu$  es la masa reducida entre las bandas de conducción y valencia,  $R$  la unidad de energía (Rydberg),  $a_0$  el radio de Bohr, y  $CR$  una constante que depende de las características particulares del pozo (el área de la sección transversal  $A$ , el índice de refracción  $n_r$  y de  $\mu$ ).

$$CR = 1.749518 \frac{R}{n_r} \frac{a_0^2}{A} \sqrt{\frac{\mu}{m_0}}$$

Análogamente, para el pozo de simetría cilíndrica y bordes infinitos se obtiene:

$$\alpha = \alpha_1 \frac{CR}{\hbar\omega} \sum_{m,1} \left[ \frac{\hbar\omega - E_g}{R} - \frac{X_{1m}^2}{(\mu/m_0)(a/a_0)^2} \right]^{-1/2}$$

donde  $X_{1m}$  es la raíz 1-ésima de la función de Bessel de orden  $m$  y  $a$  es el radio del cilindro.

## RESULTADOS NUMÉRICOS

---

Usando los parámetros característicos del GaAs para el caso de un pozo de sección transversal cuadrada de 200 Å de lado y uno de sección circular de idéntica área, ( $L^2 = \pi a^2$ ) se obtuvieron los valores de  $\alpha$  normalizados en el rango de energías desde 1.4 eV hasta 1.9 eV.

En las Figuras 1 y 2 se muestran las curvas de  $\alpha/\alpha_1$  y  $\alpha/\alpha_b$  ( $\alpha_b$ : Coeficiente de absorción del masivo) asociadas con las transiciones entre la banda de conducción y la de valencia, tanto para los huecos pesados como para los ligeros en el pozo de sección transversal cuadrada, asumiendo que la primera está totalmente vacía y la segunda completamente llena.

En las Figuras 3 y 4 se muestran curvas análogas a las dos primeras pero, para el pozo de sección transversal circular.

Nótese que en ambos casos la forma de las curvas es similar así como el número de singularidades, teniendo mayor peso en el coeficiente de absorción el aporte de los huecos pesados.

En las Figuras mostradas (numerando a partir del origen de coordenadas) las singularidades correspondientes a los huecos ligeros en el pozo rectangular son la 2, 5, 8, 10, 13 y 17, las restantes están asociadas a los huecos pesados.

Por su parte para el pozo circular se asocia a los ligeros las singularidades 2, 4, 8, 10, 13 y 16.

## CONCLUSIONES

---

Comparando nuestros resultados con los reportados en [8] observamos que la ecuación que allí se presenta para el cálculo de  $\alpha$  no contiene en su denominador ni el índice de refracción del material que constituye el cilindro, ni la frecuencia de la onda incidente, magnitudes que aparecen al desarrollar la teoría general para el cálculo del coeficiente de absorción [12]. Además, la ecuación dada para  $\alpha$  en [8] no está en correspondencia con la gráfica que presentan para  $\alpha/\alpha_1$ .

A su vez, la misma presenta tres diferencias esenciales con las reportadas en nuestro trabajo, a saber:

- La forma general de las curvas
- La posición de las singularidades
- La cantidad de singularidades.

En particular, un cálculo sencillo evidencia la ausencia de tres singularidades en el rango de energías planteadas en la Figura 2 de [8].

Finalmente nos parece interesante destacar que se obtuvieron gráficas análogas para pozos rectangulares y circulares de 500 Å, 1000 Å, 5000 Å y 10000 Å evidenciándose en ambos casos que el coeficiente de absorción del pozo tiende al masivo cuando el área de la sección transversal de este tiende a infinito.

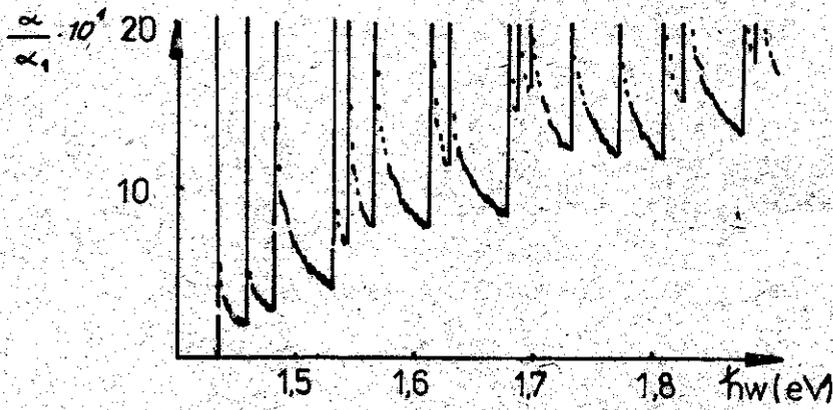


Figura 1.

Figura 2.

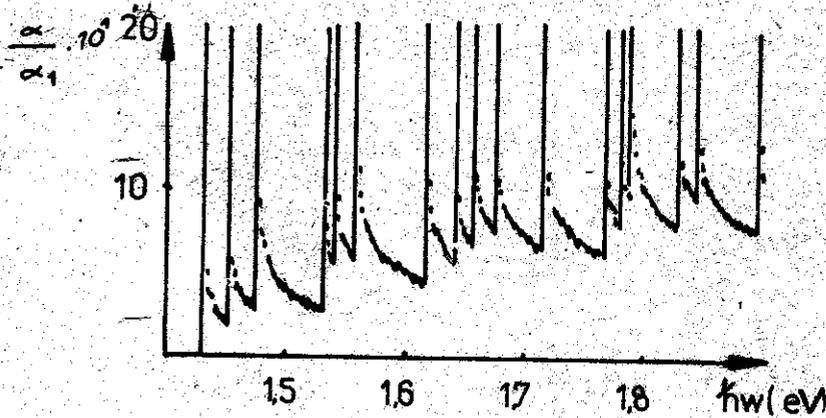
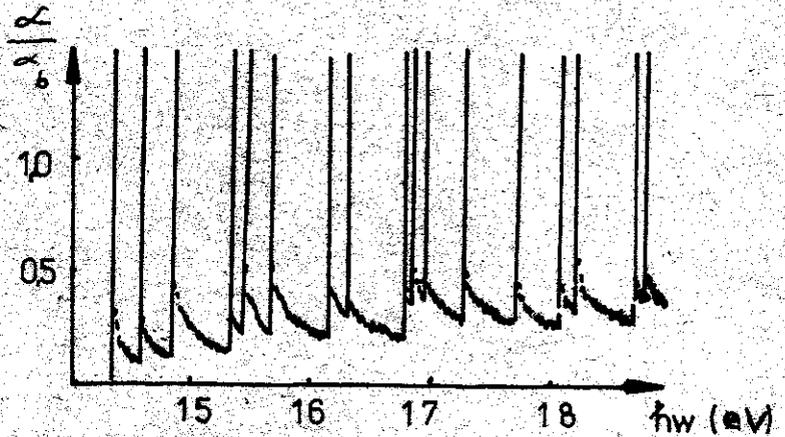


Figura 3.

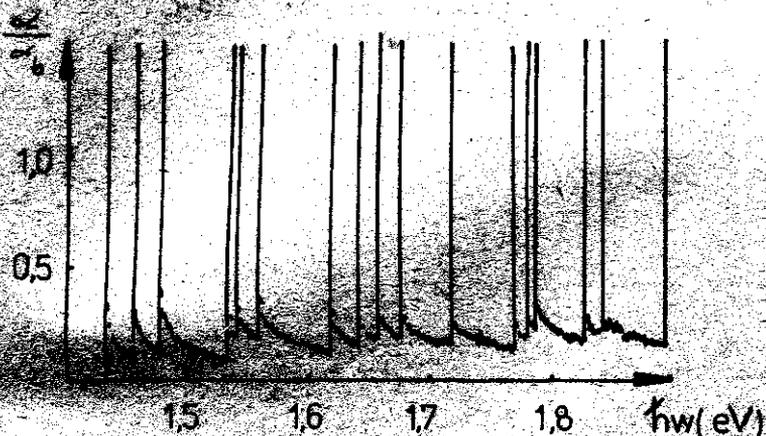


Figura 4.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Esaki, L.  
J. de Physique Colloq. 5, c5-3 (1984).
2. Chang, L.L. y E. Méndez  
Quantum Well and Superlattices, cap. 5, Pergamon Press (1985).
3. Dios Leyva, M. de  
Taller Int. de Física del Est. Sólido, Machurrucutu, Cuba 1986.
4. Brum, J.A.; G. Bastard; L.L. Chang y L. Esaki.  
Second Int. Conf. on Superlattices, Microstructures and Microdevices,  
(a ser publicado en Superlattices and Microstructures).
5. Brum, J.A.; G. Bastard; L.L. Chang y L. Esaki  
Comunicación privada a ser publicada próximamente.
6. Lee, J. y M. Spector  
J. Appl. Phys., 54,7,3921 (1983).
7. Adamska, H. and M. Spector  
J. Appl. Phys., 56,4,1123 (1984).
8. Hassan, H. y M. Spector  
J. Vac. Sci. & Technol. A3 (1), Jan/feb (1985).
9. Adamska, H. y M. Spector  
J. Appl. Phys. 59,2,619 (1986).
10. Hassan, H. y M. Spector  
Phys. Rev. B33,8,5456 (1986).
11. Pérez, R.; J.L. Parra y P. Pajón  
Physica Status Solidi (b) 144,639 (1987).
12. Pérez, R. y P. Pajón  
Optical Absorption Coefficient in Cylindrical Quantum Well, ICTP  
preprint, IC/87/196 1987.