

Resonancia paramagnética electrónica del compuesto $\text{MnIn}_{2-2x}\text{Ga}_{2x}\text{S}_4^*$

*José Luis Villegas^{1,2}, Pedro José Silva^{2**} y Vicente Sagredo³*

¹Sección de Física, Universidad Nacional Experimental Politécnica, Vicerrectorado Barquisimeto, Barquisimeto. Venezuela. ²Centro de Física, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, IVIC, Caracas 1020A. Venezuela. ³Departamento de Física, Facultad De Ciencias Universidad de los Andes, Mérida. Venezuela

Recibido: 30-06-03. Aceptado: 30-07-03

Resumen

Se presentan resultados preliminares de medidas de Resonancia Paramagnética Electrónica (RPE) en el Compuesto Semiconductor Semimagnético Diluido (DMS) $\text{MnIn}_{2-2x}\text{Ga}_{2x}\text{S}_4$. Usando la expresión de Silva et. al. (4, 5) se estudia el comportamiento del ancho de línea H_{pp} en función de la temperatura, desde temperatura 4,2 K hasta temperatura ambiente. Se obtiene el parámetro j el cual tiene que ver con el tipo de transición presente en el sistema.

Palabras clave: Mictomagnetismo; resonancia; semimagnéticos; vidrios de espin.

Electron paramagnetic resonance in the $\text{MnIn}_{2-2x}\text{Ga}_{2x}\text{S}_4$ compound

Abstract

Electron Paramagnetic Resonance measurements (EPR) are reported in the $\text{MnIn}_{2-2x}\text{Ga}_{2x}\text{S}_4$ Diluted Magnetic Semiconductor (DMS) compound. Using de modified Silva et. al. expression (4, 5), we study the peak to peak linewidth behavior as a function of the temperature from 4.2 K to room temperature. From the fitting we obtain the j parameter whichever is related to the magnetic transition in the system.

Key words: Mictomagnetism; resonance; semimagnetics; spin glass.

1. Introducción

Los Semiconductores Semimagnéticos Diluidos (DMS) son compuestos semiconductores en los que una fracción de los cationes es magnética. El compuesto $\text{MnIn}_{2-2x}\text{Ga}_{2x}\text{S}_4$ es un Semiconductor Semimagnético Diluido (DMS); en este tipo de compuestos la interacción entre los porta-

dores y los momentos locales, como los mecanismos de conducción son interesantes, así como también sus propiedades magnéticas y semiconductoras. El interés en estos materiales radica en el hecho de que exhiben completamente sus propiedades semiconductoras, así como también características magnéticas propias debidas a la presencia del ión magnético.

* Trabajo presentado en el Segundo Congreso Venezolano de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná, del 2000.

** Autor para la correspondencia. E-mail: silva@ivic.ve

Usando Resonancia Paramagnética Electrónica en DMS's (1-6) se ha estudiado el comportamiento del ancho de línea en función de la temperatura y concentración de iones magnéticos. Los semiconductores Semimagnéticos Diluidos presentan, en el límite de Vidrio de Espín o Mictomagnetismo, un incremento pronunciado del ancho de línea de Resonancia Paramagnética Electrónica (RPE) (1-6). El estudio del cambio en el ancho de línea en función de la temperatura que presentan estos sistemas usando la técnica de Resonancia Paramagnética Electrónica (RPE) ha generado varias propuestas empíricas que intentan explicar el comportamiento del ancho de línea en función de la temperatura, Oseroff (6) fue el pionero en proponer una expresión empírica para explicar éste comportamiento. Woolley et. al. (2) utilizando la idea de Oseroff y considerando las inhomogeneidades espaciales, propone la siguiente expresión,

$$H_{pp} = e^{\frac{T}{T_c}} H \left(1 - \frac{T}{T_c} \right) \left(1 + e^{\frac{T}{T_c}} \right)$$

donde, en el primer término $e^{\frac{T}{T_c}}$ representa la contribución debido a las inhomogeneidades del sistema, y el segundo término la contribución paramagnética, T_c es un parámetro que se asocia a la temperatura de congelamiento del sistema, H tiene que ver con el ancho de línea que debería tener el sistema a temperatura infinitamente grande, el parámetro $e^{\frac{T}{T_c}}$ tiene que ver con la temperatura de Curie del sistema, en algunos sistemas los parámetros de ajuste de esta expresión no están relacionados con los valores experimentales, por lo que Silva et. al. (4, 5) proponen una relación que toma en consideración la dependencia de los tiempos de relajación del sistema con respecto a la temperatura,

$$H_{pp} = H \left(1 - \frac{T}{T_c} \right) e^{\frac{T}{T_c}}$$

donde el primer término es la idea de Oseroff, pero el término exponencial toma en consideración los cambios en los tiempos de

relajación del sistema que modulan el comportamiento del ancho de línea. En esta relación j es un parámetro que puede tomar el valor -1 si el sistema tiene una transición hacia el Antiferromagnetismo y 1 si la transición es hacia Vidrio de Espín o Mictomagnetismo, el Parámetro T_c tiene que ver con una temperatura de transición.

2. Materiales y Métodos

Las muestras de $MnIn_{2-2x}Ga_{2x}S_4$ con $0,2 \leq x \leq 0,8$ fueron preparadas usando el método de fusión controlada seguido de un tiempo de recocido. El contenido de Mn en las muestras es determinado por la técnica de absorción atómica. Los estudios estructurales se llevaron a cabo mediante el uso de una cámara de Guinier. Los resultados del estudio revelan que el compuesto pertenece a un sistema Rombohedral. Las medidas de RPE fueron realizadas en un espectrometro VARIAN línea E de banda X ($\nu \approx 9,34$ Ghz), en dos posiciones de la muestra con respecto al campo magnético aplicado: a) Campo \vec{H} en el plano de la muestra, b) Campo \vec{H} perpendicular plano de la muestra. La temperatura fue medida usando termómetros calibrados de carbon-glass no magnéticos. El campo magnético fue medido con un Nuclear Fluxometer II, con una apreciación de 1 Gauss.

3. Resultados

Los espectros de RPE obtenidos en todo el rango de temperatura estudiado para todas las concentraciones del catión para ambas posiciones estudiadas consisten en una única curva simétrica, como lo muestra la Figura 1a, para $MnIn_{1,2}Ga_{0,8}S_4$ a $T = 82$ K, esta Figura muestra que en ambas posiciones la curva es una Lorentziana centrada alrededor de $g = 2,0$. La Figura 1b, muestra como el Factor de Landé en todas las concentraciones en el rango de la temperatura estudiada con el campo en el plano de la muestra se mantiene alrededor de $2,0$, como es de esperarse para el ión Mn^{+2} .

La Figura 2a muestra como a altas temperaturas no se observan cambios apre-

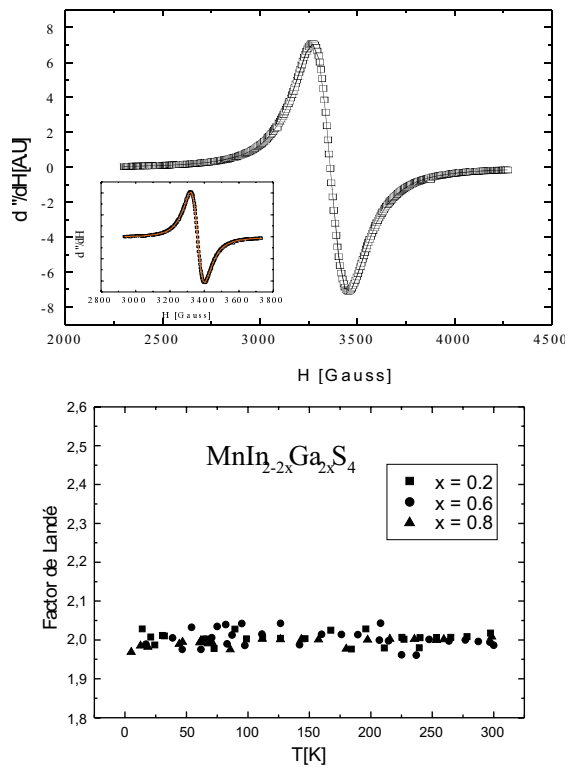


Figura 1. (a) Espectro de EPR para $MnIn_{1.2}Ga_{0.8}S_4$ a $T = 82$ K con el campo en el plano de la muestra más la inserción de un espectro con el campo fuera del plano de la muestra a $T = 100$ K. (b) Factor de Landé en función de la temperatura para todas las concentraciones.

ciables del ancho de línea H_{pp} con respecto a la concentración del catión con el campo en el plano de la muestra, como es de esperarse según Woolley et. al. (7). Así como un inserto del comportamiento del ancho de línea en función de la temperatura para $x=0,8$ con el campo fuera de la muestra, donde se puede observar que el comportamiento del mismo difiere del caso anterior.

La Figura 2b muestra una comparación de los ajustes de Woolley et. al. y Silva et. al. del ancho de línea en función de la temperatura, Los ajustes son bastantes parecidos, en general los errores en los parámetros del ajuste de Woolley et. al. Son más

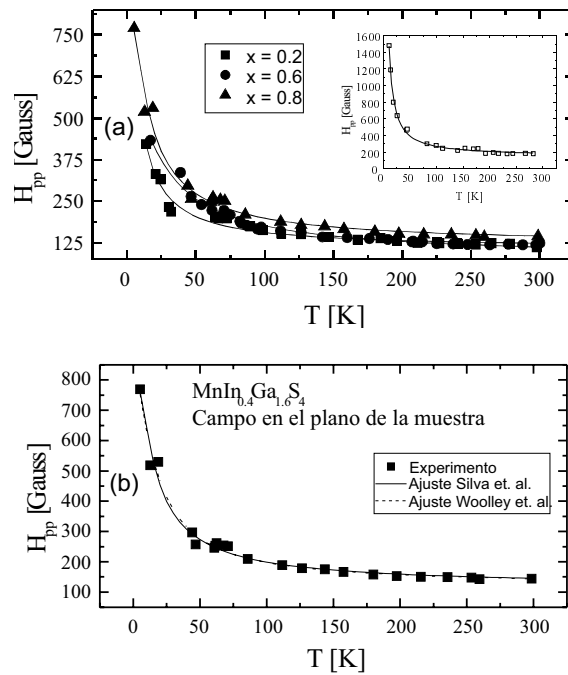


Figura 2. (a) Ancho de línea en función de la temperatura para todas las concentraciones, mas un inserto de comportamiento del ancho de línea en función de la temperatura con el campo fuera del plano de la muestra. (b) Ancho de línea en función de la temperatura para $MnIn_{0.4}Ga_{1.6}S_4$ mostrando los ajustes de Silva et. Al. y de Woolley et. al.

altos que los analogos obtenidos por Silva et. al. en la Tabla 1 se muestran los parámetros.

Al evaluar los parámetros de ajuste, en todas las concentraciones estudiadas se encuentra que j es +1, lo que indica que el compuesto muestra una transición de la fase paramagnética a la fase de Vidrio de Espin.

4. Conclusiones

La variación del ancho de línea H_{pp} en función de la temperatura son ajustados bien por la expresión propuesta por Silva et.

Tabla 1. Prámetros de Ajuste Obtenidos con las expresiones de Silva *et. al.* Y Woolley *et al.*

x	Ajuste Silva <i>et. al.</i>			
	(K)	T_c (K)	j	H_{pp} (G)
0,2	-49,20±9,31	2,02±1,75	1	107,00±5,30
0,6	-151,50±17,36	9,46±1,02	1	77,10±4,58
0,8	-77,70±9,60	4,62±0,36	1	117,40±7,90

Ajuste Woolley <i>et. al.</i>			
θ (K)	T_c (K)	Γ	H_{pp} G
-41,30±6,99	5,06±42,46	228,50±5233,70	110,00±5,53
-41,24±29,51	35,40±5,41	484,90±78,70	105,50±11,40
-69,20±14,12	9,90±585,04	116,80±47904,30	116,80±10,35

al. (4, 5). El valor obtenido por esta expresión del parámetro j (1) en las diferentes concentraciones indica la presencia de una transición de la fase paramagnética a la fase de Vidrio de Espín. Los espectros experimentales de RPE de la muestra es similar para las dos orientaciones estudiadas.

Referencias Bibliográficas

1. FERMÍN J., SILVA P. *Revista Ciencia* 1(2): 105-112, 1993.
2. WOOLLEY J.C., CHEHAB S.F., DONOFRIO T., MANHAS S., MANOOGIAN A., LAMARCHE G., J. *Mang Mag Mat* 66: 23-30, 1987.
3. OSEROFF S. *B Phys Rev* B25: 6583-6594, 1982.
4. SILVA P., SAGREDO V. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 226-230: 1987-1989, 2001.
5. SILVA P., FERMÍN J., CHOURIO M., BETANCOURT L., SAGREDO V. *Cryst Res Technol* 31: 569-572, 1996.
6. OSEROFF S. B., CALVO R., GIRIAT W. *J Appl Phys* 50(11): 7738-7739, 1979.
7. WOOLLEY J.C., CHEHAB S., DONOFRIO T., MANHAS S., MANOOGIAN A., LAMARCHE G., J. *Mang Mag Mat* 61: 13-15, 1986.