

Susceptibilidad magnética del compuesto $\text{Cu}_2\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeSe}_4^*$

Víctor Ríos¹, Emily M. Chávez^{1**}, Pedro Silva² y Vicente Sagredo³

¹ Departamento de Física. Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia, Apdo. 526. Maracaibo, Venezuela. ² Centro de Física, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela. ³ Departamento de Física. Facultad de Ciencias. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.

Recibido: 10-04-03 Aceptado: 30-05-03

Resumen

Se estudió el comportamiento de la susceptibilidad magnética, usando un susceptómetro de basado en un puente de inductancias mutuas, de compuestos $\text{Cu}_2\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeSe}_4$ en el rango de temperatura de 1,6 a 40 K, observándose predominantemente transiciones de tipo Paramagnetismo – Mictomagnetismo dependiendo de la concentración de Manganeseo. Se notó, además un ensanchamiento en el pico de la curva de susceptibilidad magnética, pero la temperatura crítica pareció no cambiar en presencia de un campo magnético dc externo. Los resultados están en buen acuerdo con los obtenidos usando Resonancia Paramagnética Electrónica.

Palabras clave: Magnetismo; nuevos materiales; susceptibilidad magnética.

Magnetic Susceptibility of the compounds $\text{Cu}_2\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeSe}_4$

Abstract

The magnetic susceptibility behaviour of $\text{Cu}_2\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeSe}_4$ compounds was studied, using a mutual inductance susceptometer, in the temperature range 1.6 - 40 K. Paramagnetic – mictomagnetic transitions which depended on the manganese concentration were observed. A broadening of the magnetic susceptibility curve was also observed, although the critical temperature did not appear to change in the presence of an external dc field. The results are in accordance to those obtained in previous work, using Electronic Paramagnetic Resonance.

Key words: Magnetism; new materials; magnetic susceptibility.

Introducción

Los semiconductores magnéticos diluidos (SMD) continúan siendo una fuente interesante de trabajos de investigación (1-5), debido a que sus propiedades tanto eléctricas

como magnéticas (alta fotosensibilidad, efectos magneto-ópticos grandes, efecto Faraday gigante, etc) hace inagotable las posibles aplicaciones tecnológicas de estos compuestos. Dentro de la familia de los SMD, se

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

** Autor para la correspondencia. E-mail: emily@luz.ve.

encuentran los compuestos aquí estudiados, $\text{Cu}_2\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeSe}_4$ donde x es la concentración molar de iones manganeso.

En este trabajo presentamos un estudio del comportamiento de la susceptibilidad magnética χ en función de parámetros termodinámicos externos (temperatura, frecuencia e intensidad de campo magnético externo) de muestras de $\text{Cu}_2\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeSe}_4$.

Materiales y Métodos

Se estudiaron muestras policristalinas de semiconductores diluidos $\text{Cu}_2\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeSe}_4$, con $x = 0, 0,1, 0,3, 0,7$ y 1 donde x es el porcentaje de iones Mn^{+2} . Estas muestras fueron crecidas por el método de fase de vapor por transporte químico en el Laboratorio de Magnetismo de la ULA, presentando una coloración gris oscura y una estructura tetragonal calcopirita (6, 7).

Las curvas de susceptibilidad magnética χ en función de la temperatura se obtuvieron por medio de un susceptómetro basado en un puente de inductancias mutuas (6, 8, 9), el cual tiene anexos un sistema de enfriamiento y un electroimán externo cuyo campo alcanza los 4000 G y con 2 cm de homogeneidad en el centro.

Las medidas de susceptibilidad en función de la temperatura (en el rango 1,6 – 35 K) se realizaron a diferentes frecuencias y se aplicaron campos de hasta 1000 G, para evaluar los efectos de estos factores sobre los procesos de transición.

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se presentan medidas de susceptibilidad magnética χ en función de la temperatura T de una muestra de $\text{Cu}_2\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeSe}_4$ para $x = 1$ a frecuencias de 100Hz, 500Hz, 1000Hz, donde se observa una mejor señal a 100Hz, con un máximo de susceptibilidad a una temperatura de congelación $T_F = 16,7$ K. Este máximo es

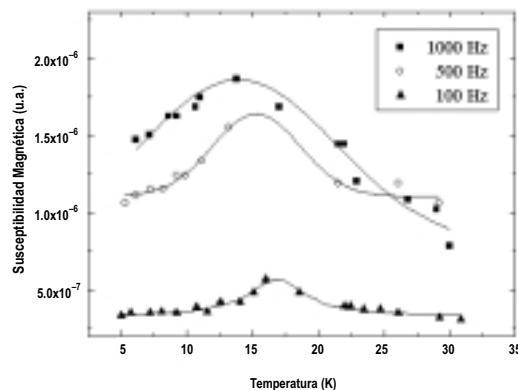


Figura 1. Comportamiento de la susceptibilidad magnética en función de la temperatura para la muestra $\text{Cu}_2\text{MnGeSe}_4$ a frecuencias de 100, 500 y 1000Hz.

afectado notablemente por el incremento de la frecuencia.

En la Figura 2 se presenta χ vs T de la misma muestra en presencia de un campo externo dc de 100 G y en ausencia de campo. No es posible apreciar un cambio en la curva de susceptibilidad con la aplicación de ese campo. La temperatura de congelación T_F se mantiene en 16,7 K.

En las Figuras 3 y 4 se muestra χ versus T para $x = 0,7$ y $x = 0,3$ respectivamente. En ellas se observa un notable efecto en el desplazamiento de la temperatura de congelamiento T_F ($T_F \approx 8$ K, en el primer caso y $T_F \approx 3,6$ K en el segundo caso), por el incremento en concentración de los iones Mn^{+2} . Dicho efecto se muestra en la Figura 5.

En las Figuras 6, 7 y 8 se muestran curvas de susceptibilidad para $x = 0,7, 0,3$ y $0,1$ respectivamente, aplicando campos y donde es posible observar el achatamiento de la curva de susceptibilidad en los dos primeros casos. En el último caso no se determinó un máximo de la curva de susceptibilidad en el rango de temperatura medido.

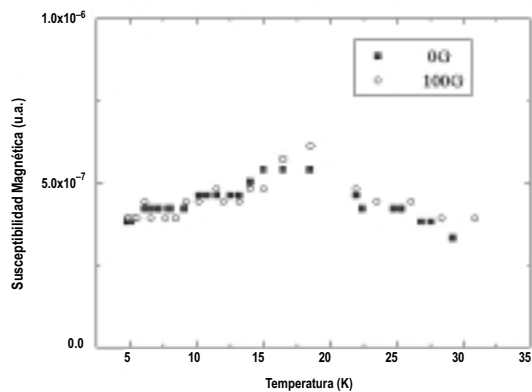


Figura 2. Comportamiento de la susceptibilidad magnética ac en función de la temperatura para la muestra $\text{Cu}_2\text{MnGeSe}_4$ en presencia y ausencia de un campo magnético externo dc de 100 G.

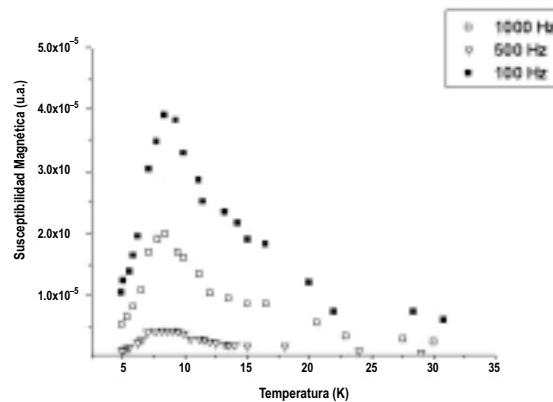


Figura 3. Comportamiento de la susceptibilidad magnética en función de la temperatura para la muestra $\text{Cu}_2\text{Cd}_{0,3}\text{Mn}_{0,7}\text{GeSe}_4$ tomadas a diferentes frecuencias.

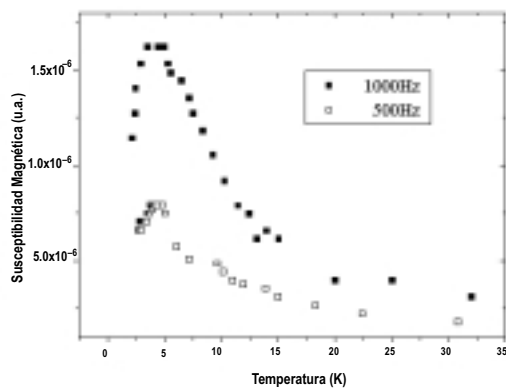


Figura 4. Comportamiento de la susceptibilidad magnética ac en función de la temperatura para la muestra $\text{Cu}_2\text{Cd}_{0,7}\text{Mn}_{0,3}\text{GeSe}_4$ tomadas a diferentes frecuencias.

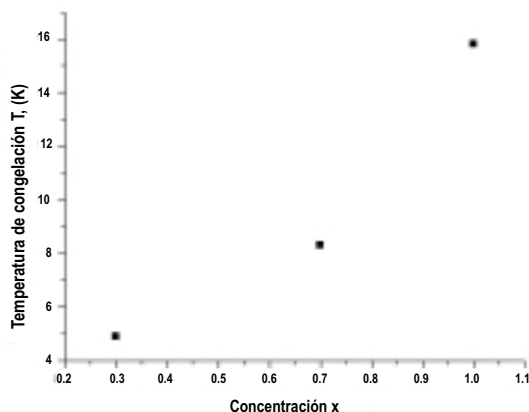


Figura 5. Efecto del aumento de la concentración del ion manganeso sobre la temperatura de congelamiento.

Conclusiones

En todos los casos se presenta una transición a un estado mictomagnético, caracterizados por la dependencia de la fre-

cuencia y del achatamiento de la curva de susceptibilidad por la presencia de un campo magnético externo (10), que para las concentraciones $x = 0,3$ y $0,7$ resultó parecida a la transición a vidrio de spin no usual en aleaciones PdMn a concentraciones de 25% Mn reportado por Maartense (11).

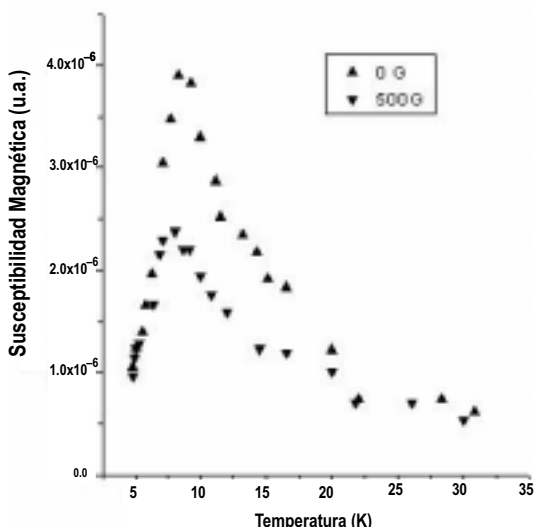


Figura 6. Comportamiento de la susceptibilidad magnética χ_c en función de la temperatura para la muestra $\text{Cu}_2\text{Cd}_{0,3}\text{Mn}_{0,7}\text{GeSe}_4$ en ausencia y presencia de un campo externo dc de 500 G.

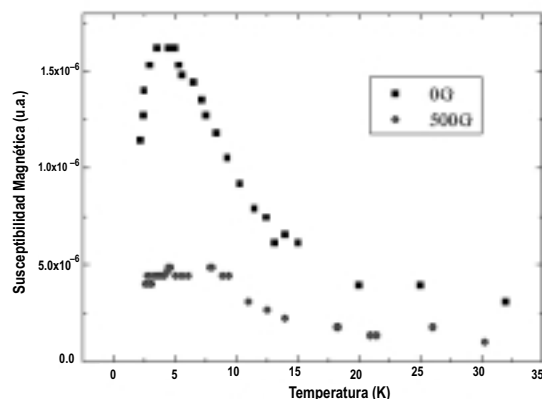


Figura 7. Comportamiento de la susceptibilidad magnética χ_c en función de la temperatura para la muestra $\text{Cu}_2\text{Cd}_{0,7}\text{Mn}_{0,3}\text{GeSe}_4$ en ausencia y presencia de un campo externo dc de 500 G.

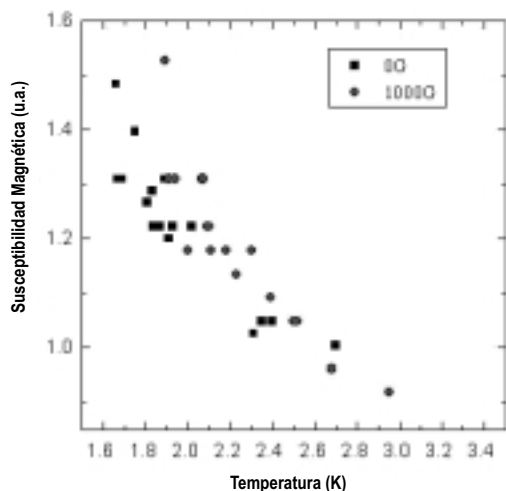


Figura 8. Comportamiento de la susceptibilidad magnética en función de la temperatura para la muestra $\text{Cu}_2\text{Cd}_{0,9}\text{Mn}_{0,1}\text{GeSe}_4$ en presencia y ausencia de un campo de 1000 G.

Agradecimiento

Los autores agradecen al CONDES por el apoyo financiero al Proyecto generador de este artículo y al IVIC por prestarnos sus instalaciones y dotarnos de la mayor parte de los suministros.

Referencias Bibliográficas

1. MUNEKATA H., PENNEY T., CHANG L. *Surface Science* 267: 342 - 348, 1992.
2. DE JONGE W., SWAGTEN H. *J Mag Mag Mat* 100: 322-230, 1991.
3. PALACIOS F., CAMPOS J., SAGREDO V., BETANCOURT L., MORALES J. *Material Science Forum* 182: 459- 462, 2000.
4. CADENAS R., QUINTERO M., WOOLLEY J. *J Solid State Chem* 114: 539-542, 1995.
5. MARIN G., WASIM S., RINCON C., SANCHEZ G., BOCARANDA P., MORA A., MOLINA I. *Ciencia* 7: 146-150, 1999.
6. RIOS V. Medidas de susceptibilidad magnética en presencia de un campo magnético externo usando un susceptómetro basado

- en el método de inductancias mutuas. (Trabajo Especial de Grado), La Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela), p. 3-48, 1998.
7. SILVA P., FERMIN J., CHOURIO M., BETANCOURT L., SAGREDO V. **Cryst Res Technol** 31: 526 -529, 1996.
 8. CHAVEZ E. Construcción y calibración de un susptómetro basado en el método de inductancias mutuas (Tesis M.Sc), Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Los Teques, (Venezuela), p. 3-48, 1989.
 9. MEDINA R., CHAVEZ E. **Rev Téc Ing Univ Zulia** 21:3-9, 1998.
 10. HUND C. **Contemp Phys** 23: 469-493, 1982.
 11. MAARTENSE I., WILLIAMS G. **Phys Rev B** 24: 5174-5183, 1981.