



Fracción de Volumen Cristalina en Muestras de $\mu\text{c-Si}$ Dopadas con Boro Obtenida Mediante Espectroscopia Raman

A. Dussan¹, J. A. Schmidt²

¹Dpto. Física – Universidad Nacional de Colombia – Bogotá

²CONICET (INTEC – UNL) Güemes 3450 (3000) Santa Fe, Argentina

Recibido 22 de Oct. 2007; Aceptado 15 de Oct. 2008; Publicado en línea 5 de Ene. 2009

Resumen

En este trabajo, se depositaron muestras de silicio microcristalino dopadas con Boro ($\mu\text{c-Si:H}$ (B)) a partir del método de deposición química en fase de vapor asistida por plasma (PECVD), usando silano (SiH_4) diluido en hidrógeno, y diborano (B_2H_6) como gas dopante. La concentración de diborano se varió en el rango entre 0 y 100 ppm. Se realizó un estudio de las propiedades estructurales a partir de la técnica de espectroscopia Raman. Los espectros Raman revelaron un aumento en la fracción de volumen cristalina (X_c) de las muestras a medida que la concentración de Boro aumentaba desde 0 a 75 ppm. Por encima de 75 ppm se encontró que la X_c decrece nuevamente indicando una amorfización en el material.

Palabras claves: Raman, Semiconductores, Películas delgadas.

Abstract

In this work, boron doped microcrystalline silicon films ($\mu\text{c-Si:H}$ (B)) was deposited by plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD), using silane (SiH_4) diluted in hydrogen, and diborane (B_2H_6) as a dopant gas. The concentration of B_2H_6 was varied in the range of 0 – 100 ppm. The structural properties of the films have been investigated by Raman measurements. A progressive increase in the crystalline volume fraction for concentrations from 0 to 75 ppm was detected; whereas for boron concentrations above 75 ppm was observed a reduction of X_c , which indicates an amorphization of the material.

Keywords: Raman, Semiconductors, Thin Films.

© 2009 Revista Colombiana de Física. Todos los derechos reservados.

1. Introducción

La espectroscopia Raman es una técnica muy sensitiva al grado de desorden estructural en materiales sólidos, de modo que esta puede ser usada para obtener información acerca de las fases amorfa y cristalina en películas delgadas de $\mu\text{c-Si:H}$. [1] Las películas delgadas de silicio microcristalino hidrogenado dopadas con Boro son de especial atención en dispositivos y sistemas de aplicaciones fotovoltaicas por tener una conductividad más alta y una movilidad de portadores mayor comparada, con muestras de silicio amorfo hidrogenado. [2] La incorporación de Boro en el material cambia la relación amorfa-cristalina dependiendo de las

concentraciones de diborano usadas en la deposición. En este trabajo se presenta un estudio de la evolución de la fracción cristalina en muestras de $\mu\text{c-Si:H}$ (B) en función de la concentración de Boro en el material a partir de medidas de espectroscopia Raman.

2. Experimental

Las muestras fueron preparadas en un reactor de PECVD con acoplamiento capacitivo operado a una frecuencia de 50MHz, cuyas características fueron descritas en un trabajo anterior. [3] Se empleó vidrio Corning 7059 como sustrato a una temperatura de 160 °C. Se usó una mezcla de 94 % de hidrógeno – 6 % de silano con un flujo total de 20 sccm. La

concentración de B₂H₆ en fase gaseosa fue variada entre 0 y 100ppm relativa al flujo de silano. La presión de base, previa a la deposición fue menor a 1 x 10⁻⁶ Torr. Durante la deposición la presión se mantuvo constante en 4.5x10⁻¹ Torr. La densidad de potencia fue de 50 mW/cm².

Los espectros Raman para las muestras de μc-Si:H dopadas con Boro, fueron obtenidos a través de un micro-Raman en el laboratorio Ecole Polytechnique en Francia. La potencia del láser utilizada para estas mediciones fue de 20 mW, usando un objetivo 10X y un tiempo de exposición de 3 minutos. Todos los espectros Raman fueron obtenidos a temperatura ambiente.

3. Resultados y Análisis

En la Fig. 1 se presentan los espectros Raman obtenidos para las muestras de μc-Si:H con concentraciones de boro de 0, 50 y 100 ppm. Los espectros se encuentran normalizados al pico cristalino de 520 cm⁻¹. Se puede observar para la concentración de Boro de 0 ppm, un hombro alrededor de 480 cm⁻¹ (pico característico del silicio amorfo) junto con un pico ligeramente más agudo a 520 cm⁻¹ correspondiente al modo transversal óptico (TO) del silicio cristalino. Se observa además que a medida que la concentración de boro aumenta, el pico alrededor de 480 cm⁻¹ disminuye abruptamente, haciéndose más agudo el pico correspondiente al silicio cristalino. Lo anterior revela el carácter microcristalino de las muestras con el incremento de boro en el material. A partir de la deconvolución de las intensidades de los picos cristalino (I_c) y amorfo (I_a) se obtuvo X_C usando la expresión:

$$X_C = \frac{(I_{520} + I_{510})}{(I_{520} + I_{510} + \gamma I_{480})} \quad (1)$$

donde el parámetro γ está relacionado con las diferencias entre las secciones eficaces del scattering Raman del silicio cristalino y silicio amorfo, y toma generalmente un valor de 0.8. [4] La tercera línea centrada alrededor de 510 cm⁻¹ ha sido atribuida a las tensiones en los enlaces Si-Si en las fronteras de grano [5-6].

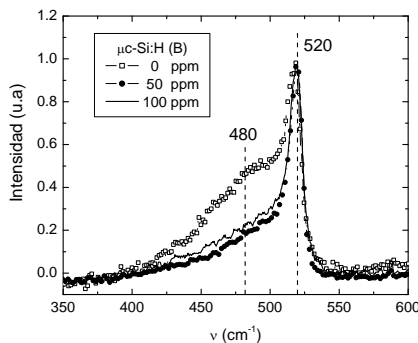


Fig. No.1 Espectros Raman para las muestras de silicio microcristalino hidrogenado variando la concentración de boro entre 0 y 100 ppm. Los espectros están normalizados al pico de 520 cm⁻¹.

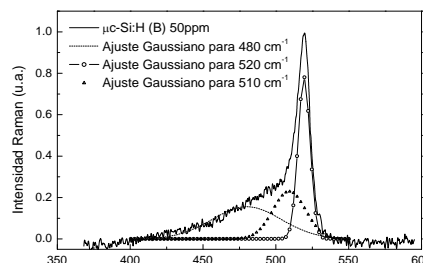


Fig. No.2 Ajuste Gaussiano realizado al espectro Raman correspondiente a la muestra de silicio microcristalino hidrogenado con una concentración de boro de 50 ppm.

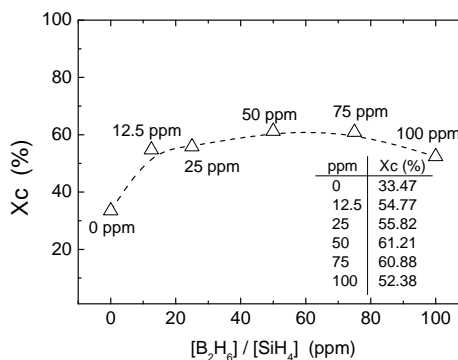


Fig. No.3 Fracción de volumen cristalina X_c, deducida a partir de los espectros Raman en función de la relación de doping [B₂H₆]/[SiH₄] para las muestras de μc-Si:H(B). La línea a trazos es una guía para el ojo.

En la Fig. 2 se presenta el ajuste gaussiano para el espectro Raman correspondiente a la muestra de 50 ppm, incluyendo un tercer pico alrededor de 510 cm⁻¹.

En la Fig. 3 se puede apreciar que el aumento en la concentración de Boro induce un cambio en la transición amorfa-cristalina, mostrando un aumento en X_C para las muestras con concentraciones de 0 a 75 ppm; mientras que cuando la concentración de Boro es de 100 ppm se observa una disminución de este parámetro. Este hecho está relacionado con una amorfización en el material para concentraciones de doping mayores.

Conclusiones

En este trabajo se ha presentado un estudio de la evolución de la fracción de volumen cristalinas de películas delgadas μc-Si:H en función de la concentración de Boro en las muestras. Encontramos que el aumento del contenido de Boro en el material produce un incremento en la fracción de volumen cristalina para concentraciones desde 0 a 75 ppm; mientras que para una concentración de Boro de 100 ppm, se observó una reducción en su fracción cristalina, indicando una amorfización del material.

Referencias

- [1] Ruud E. I. Schropp, Miro Zeman, Amorphous and microcrystalline silicon solar cells, Kluwer Academic Publishers, (1998)..
- [2] J. Meier, S. Dubail, R. Flückiger, H. Keppner, A. Shah, Appl. Phys. Lett. **65**, 860 (1994).
- [3] S. B. Concari, R. H. Buitrago, M. T. Gutierrez, and J. J. Gandia, J. Appl. Phys. **94**, 2417 (2003).
- [4] A. T. Vautsas, M. K. Hatalis, J. B. Boyce, A. Chiang, J. Appl. Phys. **78** 6999 (1995).
- [5] R. Saleh, N. H. Nickel, Thin Solid Films **427** 266 (2003).
- [6] Z. Iqbal, S. Veprek, A. P. Webb, P. Capezzuto, Solid State Comm. **37** 993 (1981).