

# **Estudio de la morfología superficial de películas de silicio microcristalino obtenidas mediante el recocido isotérmico de silicio amorfo hidrogenado**

M. Rojas-Lopez, R. Delgado-Macuil, V.L. Gayou, J. Diaz-Reyes

CIBA-Tlaxcala, Instituto Politécnico Nacional, Tepetitla, Tlax., México.

email: marlonrl@yahoo.com.mx

R. Pérez-Blanco

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chih, México.

email: chihuas15@hotmail.com

A. Torres-Jácome

Instituto Nacional de Astronomía, Óptica y Electrónica, Tonantzintla, Pue. México.

email: [atorres@inaoep.mx](mailto:atorres@inaoep.mx)

J. Olvera-Hernández

CIDS-ICUAP, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Pue. México.

email: jolvera@siu.buap.mx

V.H. Méndez-García

IICO, Universidad Autónoma de San Luís Potosí, San Luís Potosí, S.L.P., México.

email: vmendez@cactus.iico.uaslp.mx

## RESUMEN

Se analizó la morfología superficial de películas de silicio microcristalino hidrogenado ( $\mu\text{-Si:H}$ ) obtenidas mediante el recocido isotérmico de películas de silicio amorfo hidrogenado ( $\text{a-Si:H}$ ). Imágenes obtenidas mediante microscopía de fuerza atómica (MFA) y microscopía óptica (MO) muestran la formación de granos de tamaño micrométrico que se conforman principalmente de silicio cristalino ( $\text{c-Si}$ ), inmersos en una matriz constituida en su mayoría por  $\text{a-Si}$ , de acuerdo a mediciones Raman. Esta morfología es resultado del efecto de la cristalización del  $\text{Si}$  amorfo por el contacto metálico de la superficie con una capa de  $\text{Al}$  y su posterior recocido isotérmico durante varias horas. Mediante imágenes bidimensionales MFA se determina la fracción cristalizada relativa mediante la comparación de las áreas integradas correspondientes al material cristalino y al amorfo, para posteriormente ajustar su dependencia temporal con el modelo de Avrami. Los resultados experimentales obtenidos mediante MFA son adecuadamente consistentes con los obtenidos en MO. Mediciones FT-IR muestran atenuación de la banda centrada en  $694\text{ cm}^{-1}$  asociada al enlace  $\text{Si-H}$ , sugiriendo la efusión de hidrógeno a la superficie de  $\mu\text{-Si:H}$  con el tiempo de recocido.

Palabras clave: Silicio amorfo hidrogenado, microcristalización, morfología superficial, espectroscopia infrarroja

### I. INTRODUCCION

El silicio microcristalino hidrogenado ( $\mu\text{-Si:H}$ ) es un material con propiedades de cristal solo en pequeñas regiones o cristalitas de tamaño nanométrico y micrométrico distribuidos en una matriz amorfa. Este material ha generado actualmente gran interés en el campo de la investigación de materiales optoelectrónicos, para la elaboración de dispositivos fotovoltaicos tales como transistores de película delgada y pantallas de cristal líquido entre otras [1]. La industria de la fabricación de celdas solares ha puesto gran interés en el empleo de este material debido a su eficiencia además de su bajo nivel de degradación a la exposición de la radiación [2]. La tecnología del  $\mu\text{-Si:H}$  intenta combinar la estabilidad y las altas eficiencias de la tecnología del  $\text{c-Si}$ , con la simple y barata tecnología de deposición de área grande del  $\text{a-Si:H}$ . En particular el método de deposición química de vapor asistido por plasma (PECVD) es una de las técnicas más populares para preparar películas de  $\mu\text{-Si:H}$ . Sin embargo el  $\mu\text{-Si:H}$  puede también obtenerse mediante el efecto de cristalización inducida por contacto metálico (CCM) [3]. Es bien sabido que la deposición de un metal en una capa de  $\text{a-Si:H}$  y un subsecuente tratamiento de recocido induce microcristalización [4]. En este proceso también se ha observado la formación de granos de silicio cristalino  $\text{c-Si}$  con crecimiento considerable cuando se pone en contacto con metales nobles [5]. Esta transición de fase amorfo-cristalina ha sido reportada por algunos investigadores utilizando metales tales como  $\text{Ni}$ ,  $\text{Pd}$ ,  $\text{Al}$  y  $\text{Au}$  [3, 6] para disminuir la temperatura de cristalización del  $\text{a-Si:H}$  a un valor mucho menor comparado con su temperatura de cristalización normal en  $\text{Si}$  a  $600\text{ }^\circ\text{C}$  aproximadamente.

El estudio de este proceso de cristalización en  $\text{a-Si:H}$  puede contribuir a entender y mejorar el proceso de fabricación y la reproducibilidad de películas de  $\mu\text{-Si:H}$  con grado optoelectrónico. Las espectroscopias Raman e infrarroja nos proveen de información sobre cambios estructurales a nivel molecular que experimentan los aglomerados cristalinos que componen al  $\mu\text{-Si:H}$  por el efecto del recocido del material amorfo. Uno de estos cambios estructurales es la transición de la fase amorfo-cristalina. Por otra parte la microscopía de fuerza atómica (MFA) y la microscopía óptica (MO) permiten estudiar la morfología superficial de las películas a escala micrométrica y nanométrica. Esta puede ser utilizada para estudiar entre otras cosas la cinética de cristalización del  $\mu\text{-Si:H}$ , la cual no existen estudios a baja temperatura ( $250^\circ\text{C}$ ) [7], y que pueden contribuir de manera importante al conocimiento actual sobre este material y también en el diseño de dispositivos optoelectrónicos con mayor eficiencia y tiempo de vida útil.

### II. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Empleando el método convencional de depósito químico de vapor asistida por plasma PECVD, se depositaron películas de  $\text{a-Si:H}$  dopadas con fósforo sobre sustratos de vidrio Corning utilizando un sistema AMP 3300. La temperatura del