

ESTUDIO DE SILICIO POROSO POR FTIR

W. Rivera¹, C. M. Torres y A. E. Pisso
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación.
Universidad del Cauca

RESUMEN

Se crecieron muestras de silicio poroso fotoluminiscente por oxidación anódica de obleas de silicio cristalino de orientación (100) y resistividad de 2.4 Ω -cm, en una solución de HF y etanol utilizando una corriente de 25 mA/cm². La superficie de las muestras presenta características morfológicas heterogéneas según el análisis con el microscopio electrónico de barrido (SEM) y el microscopio óptico. La caracterización por espectroscopia infrarroja con transformada rápida de Fourier (FTIR) muestra bandas en 2100, 910, 810, 625 y 665 cm⁻¹ asociadas con enlaces Si-H o SiH₂. También se registra actividad de absorción infrarroja en la banda ancha de 1020 a 1100 cm⁻¹ relacionada con los enlaces Si-O-Si. Los cambios en la intensidad y forma de las bandas del espectro FTIR se correlacionan con los cambios de concentración de etanol y HF.

INTRODUCCION

El silicio es el material mas utilizado en la fabricación de dispositivos electrónicos por sus propiedades fisicoquímicas, su abundancia en la corteza terrestre, el bajo costo y fácil procesamiento para fabricar circuitos integrados [1]. A diferencia de otros semiconductores como el arseniuro de galio (GaAs), el silicio cristalino es un semiconductor indirecto con baja eficiencia de emisión luminosa visible inapropiado para fabricar dispositivos optoelectrónicos. La obtención de silicio poroso de alta fotoluminiscencia a temperatura ambiente [2] y la comprobación de la electroluminiscencia de este material [3] han generado una gran actividad investigativa encaminada a explicar el origen de la fotoluminiscencia y producir material poroso de alta calidad para la fabricación de dispositivos optoelectrónicos.

Para explicar el origen de la fotoluminiscencia del silicio poroso se plantean varias teorías. Por una parte se considera que la fotoluminiscencia se debe al confinamiento en puntos o hilos cuánticos que se producen por la formación de estructuras de rejilla en las capas de silicio poroso [4]. Otra explicación se fundamenta en la formación de silicio amorfo o de nuevas sustancias químicas, como las especies de SiH_x o el siloxeno (Si₆O₃H₆) [5]. Un nuevo aspecto de la explicación involucra los estados de superficie y los experimentos muestran que los mecanismos de recombinación en nanocristalitos oxidados son diferentes de los que ocurren en cristalitos pasivados con hidrógeno [6]. En esta investigación hemos estudiados la influencia del etanol en la formación de silicio poroso fotoluminiscente y los cambios en los contenidos de hidrógeno y oxígeno en función de la concentración de la solución utilizada para la oxidación anódica. Para la caracterización morfológica y estructural del silicio poroso se utilizó FTIR, SEM y microscopía óptica.

¹ wrivera@ucauca.edu.co

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Las muestras de silicio poroso se obtuvieron por ataque electroquímico de obleas de silicio cristalino tipo p con resistividad de $2.4 \Omega\text{-cm}$, sometidas a una limpieza grado semiconductor. La oxidación anódica de las obleas se realizó en una celda electrolítica, hecha en nuestro laboratorio similar a la reportada en la literatura [7]. Se trabajó con soluciones de HF:etanol de grado analítico en proporciones en volumen variables de 100:0, 99:1, 49:1, 19:1, 9:1, 3:1 y 1:1.

Se hizo una inspección visual para corroborar la fotoluminiscencia por medio de una lámpara ultravioleta con longitud de onda de 2540 y 3650 Å. Las fotografías ópticas se obtuvieron con el microscopio Nikon 52846 tipo optiohot equipado con una cámara de video Panasonic modelo GP – KR 222. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido se consiguieron con un Jeol JSM – T300 operando a 20 KV. Los espectros FTIR fueron registrados a temperatura ambiente en el modo de transmitancia en el rango de frecuencia de 400 a 4000 cm^{-1} ; con un espectrofotómetro marca ATI Mattson Gemini Series equipado con el software Winfirst de Microsoft Windows.

RESULTADOS Y DISCUSION

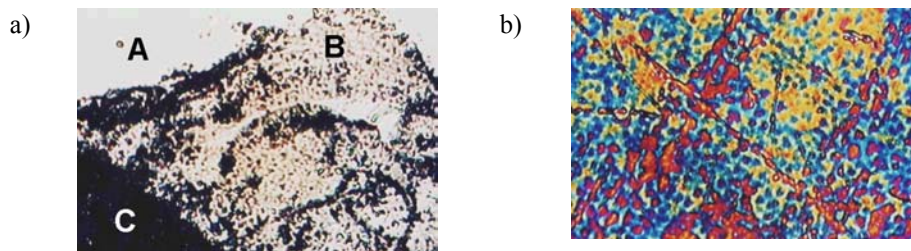


Figura 1. Imágenes de microscopía óptica para muestras de silicio poroso crecidas anódicamente en una solución de HF:Etanol en proporción 1:1

Las imágenes de microscopía óptica de las muestras de silicio poroso revelan superficies con diferente grado de ataque químico. La figura 1a) corresponde a la imagen de una muestra de silicio poroso formada con una solución de HF:etanol en proporción 1:1; la muestra presenta zonas donde se conserva la superficie original (Región A), zonas de ataque intermedio donde se observa una red de poros interconectados (Región B) y zonas de ataque fuerte con un profundo decaído del silicio (Región C). Para la misma muestra en la figura 1b) se registra una región de poros irregulares acompañada de óxido. A diferencia de la muestra anterior la imagen de una oblea de silicio poroso preparada en HF, no presenta zonas de formación de óxido y tiene una superficie fuertemente decaída donde se observan muy pocas zonas en que subsiste la capa original del silicio. La figura 2a) obtenida con el SEM, muestra una formación de poros del orden de $3 \mu\text{m}$ correspondiente a la región B de la imagen 1a). En el caso del silicio poroso formado por ataque en HF concentrado se obtiene una superficie con poros de forma y distribución irregular sobre áreas fuertemente atacadas en el proceso

electroquímico (figura 2b)). Esta diferencia en la geometría y distribución de los poros del silicio poroso indica que el etanol ayuda a controlar el ataque de la superficie y contribuye a la formación de una red regular de poros microscópicos. Esta calidad de la textura del silicio poroso preparado con etanol corresponde al proceso recomendado para la preparación ideal de este material [8].

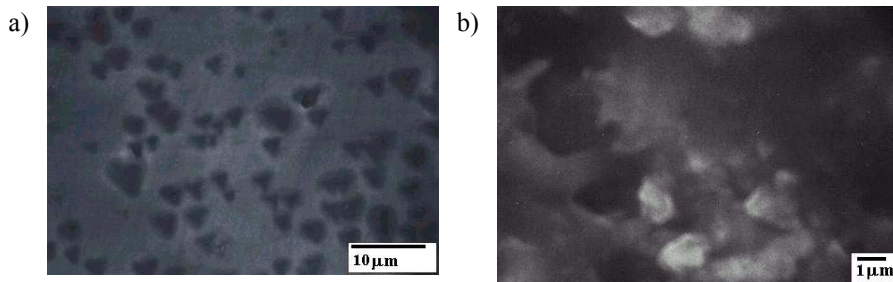


Figura 2. Imágenes de microscopía electrónica de barrido para muestras de silicio poroso crecidas anódicamente en una solución de HF:Etanol a) 1:1 y b) 100:0

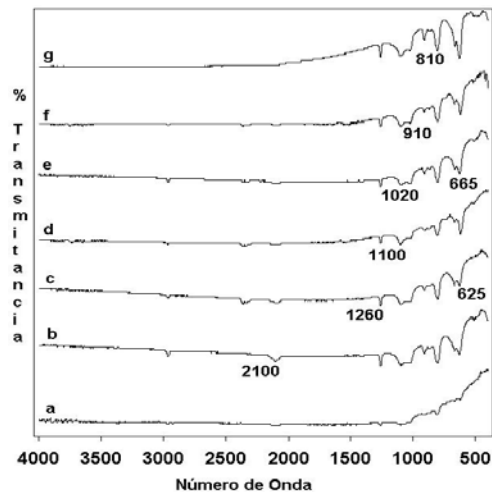


Figura 3. Espectros FTIR de muestras de silicio poroso crecido anódicamente en proporciones de HF: etanol a) 100:0, b) 99:1, c) 49:1, d) 19:1, e) 9:1, f) 3:1 y g) 1:1

El análisis por FTIR de silicio poroso preparado con diferentes proporciones de etanol está resumido en los espectros de la figura 3. Los espectros FTIR muestran características similares que comprueban la reproducibilidad de los resultados. Las principales bandas de los espectros están en 2100, 1260, 1020 – 1100, 910, 810, 665 y 625 cm^{-1} . La banda en 2100 cm^{-1} corresponde al modo vibracional de tensión de hidruro y las bandas en 910, 810 y 625

cm^{-1} al modo de flexión de ese grupo. La banda en 665 cm^{-1} registra la flexión de modo SiH_2 . La banda ancha de 1020 a 1100 cm^{-1} se asigna al modo de tensión asimétrica del grupo Si-O-Si. El registro de 1260 cm^{-1} probablemente corresponde al modo de flexión de Si-C. La actividad del grupo Si-O-Si en el silicio se incrementó con la concentración de etanol generando bandas mas anchas e intensas en el espectro FTIR. Este aumento de la actividad infrarroja del grupo Si-O-Si está en correspondencia con el aumento de óxido en el material y la mayor formación de poros interconectados al aumentar la concentración de etanol en la solución utilizada para el ataque electroquímico.

CONCLUSIONES

El etanol ayuda a controlar el ataque electroquímico de la oblea de silicio produciendo una red de poros de forma y distribución regular. El espectro FTIR registra en forma persistente la actividad del grupo hidruro en la muestra de silicio poroso para las diferentes proporciones de la solución de HF :etanol. El aumento de los enlaces Si-O-Si en los espectros FTIR concuerda con las observaciones por SEM del aumento de óxido y de poros de forma y distribución regular al aumentar la concentración de etanol en la solución

REFERENCIAS

- [1]. P. Van Zant, *Microchip Fabrication a Practical Guide to Semiconductor Processing*, 4th edition, Mc Graw Hill (2000).
- [2]. L. T. Canham, *Appl. Phys. Lett.* 57, 1046 (1990).
- [3]. J. C. Vial, A. Bsiesy, F. Gaspard, R. Herino, M. Ligeon, F. Muller, Romestain and R. M. Macfarlane, *Phys. Rev. b* 45, 14171 (1992).
- [4]. J. piquera, B. Méndez, R. Plugaru, G. Craciun, J. García, and A. Ramón. *Appl. Phys. A.* 68, 329 (1999)
- [5]. R. Guerrero – Lemus, J. D. Moreno, J. M. Martínez – Duart, M. L. Marcos, J. Gonzáles – Velasco, P. Gómez. J. *Appl. Phys.* 79 (6), 3224. (1996).
- [6]. M. V. Wolkin, J. Jorne and P. M. Fauchet, *Physical Review Letters.* 82 (1) (1999).
- [7]. K. H. Jung, S. Shih, and D. L. Kwong. *J. Electrochem. Soc.* 140 (10) 3046, (1993).
- [8]. Z. Yamani, W. H. Thompson, L. AuHassan, and M. H. Nayfeh. *Appl. Phys. Lett.* 70 (25) 3404, (1997).