





"CRECIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE ÓXIDOS TÉRMICOS"

AMANECER MARTINEZ-PEÑA¹, JOSÉ HOLGUÍN-MOMACA², CARLOS ORNELAS-GUTIÉRREZ³, OSCAR SOLÍS-CANTO³

[1] DEPARTAMENTO DE METAL-MECÁNICA, INGENIERÍA EN MATERIALES, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SALTILLO, BLVD. VENUSTIANO CARRANZA #2400, COLONIA TECNOLÓGICO, SALTILLO COAHUILA. [2] DEPARTAMENTO DE FISICA DE MATERIALES, CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS, MIGUEL DE CERVANTES #120, CHIHUAHUA, CHIHUAHUA. [3] LABORATORIO NACIONAL DE NANOTECNOLOGÍA, CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS, MIGUEL DE CERVANTES #120, CHIHUAHUA, CHIHUAHUA.

Objetivo

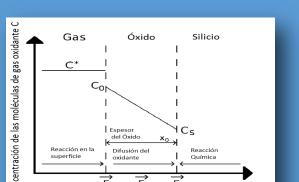
Obtener una estandarización de variables para el proceso de oxidación térmica por vía seca del silicio con el fin de producir una barrera térmica de espesor nanométrico.

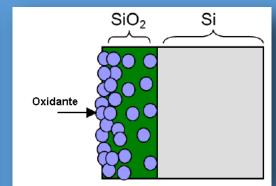
1.- Introducción.

Actualmente el desarrollo de la micro y nano caracterización se encuentra en un auge importante debido el desarrollo de nuevos materiales y nuevas aplicaciones. Las barreras térmicas, son capas dieléctricas cuya función es proporcionar un soporte con buena estabilidad química y térmica a un sistema de uno o mas materiales en forma de película delgada. El desarrollo de estos materiales ha permitido nuevas y mejores herramientas de caracterización y procesamiento en el campo de la tecnología y fabricación de circuitos integrados (CI) y dispositivos discretos [1].

El dióxido de silicio (SiO₂), ha representado para dicho crecimiento tecnológico un papel de gran relevancia debido a ventajas tales como fácil producción, interfaces de alta calidad y alta adherencia, gran estabilidad térmica y eléctrica, estas últimas siendo altamente controlables y reproducibles, así como la función de máscara para la difusión de las impurezas más comunes en el procesamiento del silicio [2].

El desarrollo de óxidos térmicos en base a SiO2 sintetizados en el CIMAV, con el fin de emplearlos en sistemas multicapa platino-dióxido de silicio-silicio (Pt/SiO₂/Si) permitirá una disminución de costos de inversión en este tipo de sistemas, por lo que investigaciones científicas que requieran de esta clase de soportes tipo barrera térmica podrán ser realizadas disminuyendo la dificultad de acceso a este tipo de materiales, causado por los altos costos ofertados por proveedores extranjeros.





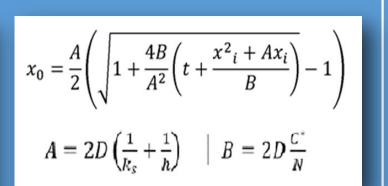


Fig.1 Proceso de difusión del oxigeno [2]

Fig. 2 Proceso de oxidación, [3]

Fig. 3 Modelo matemático de Deal-Grove, que describe la dependencia del espesor del óxido con el tiempo [1].

2.- Proceso experimental

Corte de obleas de Si



Datos técnicos de la oblea de silicio empleada: Silicio tipo N, dopado con Fósforo. Orientación cristalográfica: (100) Diámetro: 6 pulgadas Resistividad: 1-20 Ω.cm

Oxidación térmica de la muestra en el Horno Tubular Al Vacío

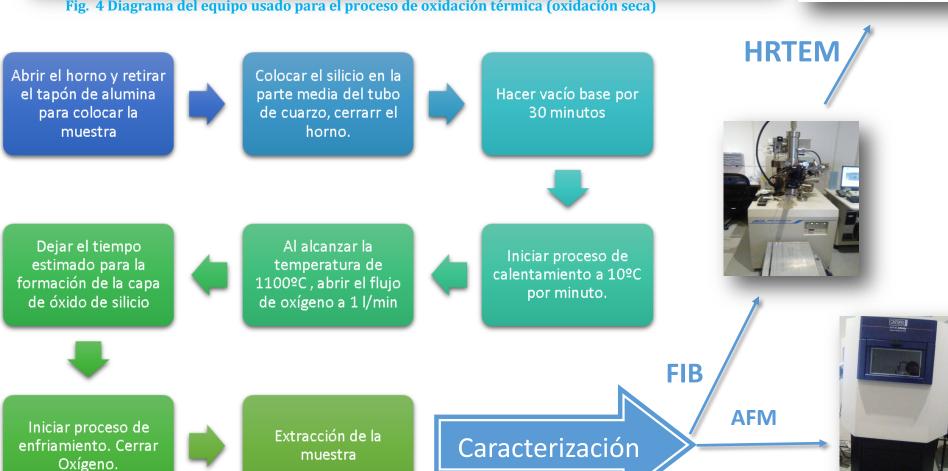
Muestra	Tiempo de Oxidación	Flujo De Oxigeno	Temperatura	Presión
	(Horas)	(I/min)	(°C)	(Torr)
1	24	1	1100	80
2	18	1	1100	80
3	12	1	1100	80

Tabla 1.- Parámetros Experimentales



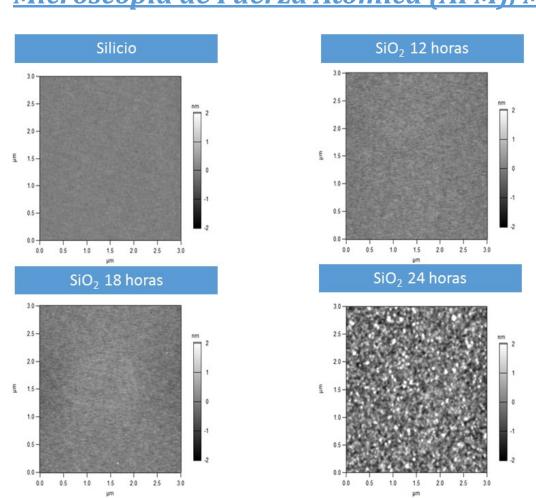


Fig. 4 Diagrama del equipo usado para el proceso de oxidación térmica (oxidación seca)



3.-Resultados

Microscopía de Fuerza Atómica (AFM), MFP-3D Infinity





Gráfica 1.– Rugosidades r_{ms} obtenidas por **AFM**

Fig. 5 Micrografías obtenidas por AFM

Microscopía Electrónica de Transmisión (Modo STEM), JEM 2200FS+CS

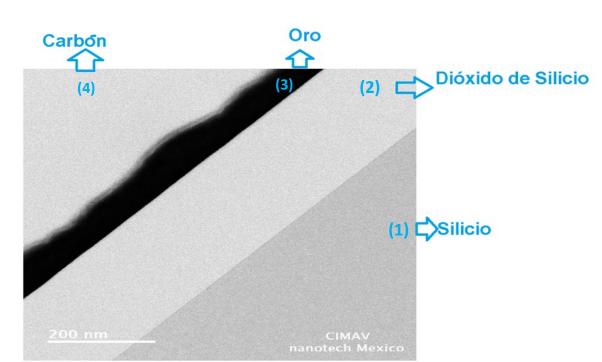
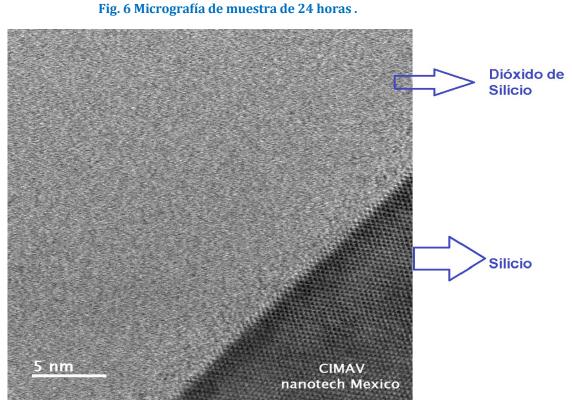


Fig. 6 Micrografía de muestra de 24 horas



Spectrum	Atomic	Atomic	Atomic	Atomic	Atomic	Atomic
	% C	% O	% Si	% Cu	% Ga	% Au
1			97.32	2.68		
2		51.49	46.03	2.48		
3	20.58			39.01	2.61	37.81
4	93.01			1.58	5.41	

Tabla 2.- Resultados EDS, muestra de 24 horas 1100 °C @ 80 Torr Experimenta Espesor (nm) A= 51.12 nm B= 2840 nm²/hr

Tiempo (hr) Gráfica 2.- Espesor de las muestras de 12, 18 y 24 horas.

Muestra	Espesor óxido térmico	Rugosidad	
iviuestra	(nm)	r _{ms} (nm)	
Testigo	5	0.08799	
(Silicio)		0.06733	
12 Hrs.	147.46	0.18687	
18 Hrs.	153.83	0.14439	
24 Hrs.	225.89	0.66628	

Tabla 3.- Espesores y rugosidades de las muestras de 12, 18 y 24 horas.

4.-Conclusiones

Dados los resultados obtenidos, el proceso experimental es evaluado como viable y exitoso, así mismo las características físicas de la capa de óxido de silicio presentan una superficie homogénea respecto a su rugosidad; en las muestras correspondientes a 12 y 18 horas se observaron los menores valores de rugosidad superficial.

De igual manera los resultados observados en Microscopía Electrónica de Transmisión, mostraron una capa homogénea a lo largo de su espesor y excelente adherencia, de acuerdo a lo reportado en la literatura [4]. Se obtuvo un espesor máximo de 225.89 nm en la oxidación a 24 hrs. En base a estos resultados se puede esperar un buen desempeño del dióxido de silicio presente en las muestras realizadas como una barrera térmica en el sistema Pt/SiO₂/Si.

5.-Trabajo a Futuro

- * Deposición de platino en las obleas de SiO₂/Si y su caracterización morfológica y superficial.
- * Realización de un tratamiento térmico al sistema Pt/SiO2/Si para evaluar su desempeño con respecto a su difusión, propiedades eléctricas, térmicas, etc.

A mis padres, al Instituto Tecnológico de Saltillo, al Centro de Investigación En Materiales Avanzados y al M. C. Pedro Piza Ruiz por su valiosa colaboración en la elaboración de este proyecto.



7.-Referencias

- 1. Estève, A., Rouhani, M. D., & Estève, D., Charge transfer: A key issue in silicon thermal oxidation growth. Computational Materials Science, 24(2002), 241–245. https://doi.org/10.1016/S0927-0256(02) 00201-X
- 2. Sarti, G. C., Santarelli, F., & Camera, G., Kinectics Of Thermal Growth Of Thin Silicon Oxide Films. Chemical Engineering Science, 41 (1986) 2699–2705.
- Luematsu, M., Gunji, M., Tsuchiya, M., & Itoh, K. M., Enhanced oxygen exchange near the oxide/silicon interface during silicon thermal oxidation. Thin Solid Films, 515 (2007) 6596–6600. https:// doi.org/10.1016/j.tsf.2006.11.052
- . Massoud, H. Z. (1985). Thermal Oxidation of Silicon in Dry Oxygen: Growth-Rate Enhancement in the Thin Regime. Journal of The Electrochemical Society, 132(11), 2693. https:// doi.org/10.1149/1.2113649