

IMPORTANCIA DEL USO DE ENERGÍA SOLAR CONCENTRADA A TRAVÉS DE HORNOS SOLARES EN EL PROCESAMIENTO DE HAFNIA

DOI: 10.59730/rer.v12n56a4

RESUMEN

La hafnia es un material cerámico que de acuerdo con sus excelentes propiedades térmicas, eléctricas y mecánicas que tiene potenciales aplicaciones en las áreas de electrónica, óptica, biomédica, aeroespacial, entre otras. Los hornos solares son conocidos por concentrar la radiación solar y son una alternativa sostenible prometedora para el procesamiento de materiales mediante el aprovechamiento de la concentración de los rayos solares sobre los materiales que se van a tratar, lo que permite alcanzar temperaturas elevadas en pocos minutos. Se presenta la obtención de óxido de hafnio (HfO_2 , hafnia) usando por primera vez energía solar concentrada, lo cual se realizó en el horno solar de alto flujo radiativo del IER-UNAM localizado en Temixco, Morelos. El procesamiento se desarrolló a partir de polvos obtenidos a 110 °C con los reactivos iniciales, usando HfCl_4 como fuente de hafnio, los cuales fueron instalados en la zona focal del horno solar a una temperatura de 1500 °C por 30 minutos. De acuerdo con los análisis de difracción de rayos X, se obtuvo un material cerámico de óxido de hafnio sin impurezas mostrando una estructura cristalina de dos fases: fase monoclinica con pequeña cantidad de hafnia ortorrómbica.

Palabras clave: difracción de rayos X, energía solar concentrada, hafnia, horno solar.

E. Manzanarez-Salazar¹, J.A. Baldenebro-López¹,
H.I. Villafán-Vidales², C.A. Estrada-Gasca², L.G. Ceballos-Mendivil^{1*}

¹ Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa, Prol. Ángel Flores y Blvd. Fuente de Poseidón S/N, 81223, México.

² Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, Priv. Xochicalco S/N, 62580, México.

* Autor de correspondencia: laura.ceballos@uas.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de la población, la demanda de fuentes de energía también aumenta, por lo que en la actualidad es de gran interés las fuentes de energía renovables por las grandes ventajas que presentan: no contaminan, fáciles de conseguir, menos costosas y existen en grandes cantidades en la tierra. Las fuentes de energías renovables son respetuosas con el medio ambiente y se encuentran en abundancia en nuestro entorno, provienen del sol, viento, agua, biomasa, entre otros, siendo renovadas por la propia naturaleza emiten pocos (o ninguno) contaminantes o gases de efecto invernadero en el aire. La energía solar es una de las fuentes de energía renovable más importantes, siendo la energía generada por la radiación solar; en esta tecnología se incluyen calefacción solar, energía solar fotovoltaica, fotosíntesis artificial y energía solar térmica [1].

La energía solar térmica convierte la energía solar en calor y es utilizada a baja y alta temperatura. La energía solar térmica de alta temperatura también es llamada energía solar concentrada y es una alternativa prometedora para la generación de combustibles o síntesis de materiales, ya que produce calor mediante el uso de espejos que concentran los rayos del sol en un punto focal que alcanzan temperaturas superiores a 3000 °C. El uso de la energía solar concentrada proporcionada por hornos solares tiene varias aplicaciones en el procesamiento de materiales, debido a que con este tipo de sistemas es posible alcanzar altas temperaturas en pocos minutos.

LA ENERGÍA SOLAR ES UNA DE LAS FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE MÁS IMPORTANTES. SIENDO LA ENERGÍA GENERADA POR LA RADIACIÓN SOLAR: EN ESTA TECNOLOGÍA SE INCLUYEN CALEFACCIÓN SOLAR, ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, FOTOSÍNTESIS ARTIFICIAL Y ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

PROCESAMIENTO DE HAFNIA EN HORNO SOLAR

HORNO SOLAR

Un horno solar es una infraestructura para realizar investigación científica que funciona por concentración de los rayos solares a través de espejos reflectantes, produciendo altas temperaturas; entre sus principales aplicaciones están estudios térmicos a alta temperatura, conversión de energía, procesamiento de materiales a alta temperatura, entre otras.

El horno solar de alto flujo radiativo del IER-UNAM forma parte del Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar, localizado en la Ciudad de Temixco, Morelos y sus principales componentes son tres (Figura 1): A) heliostato (espejo) de 81 m² de área superficial utilizado para reflejar los rayos del sol hacia el horno, B) atenuador (tipo persiana) de 42.2 m² usado para regular la cantidad de energía radiativa que llega a la zona focal, es decir, controla la temperatura en la muestra durante su síntesis y, C) concentrador compuesto de 409 espejos hexagonales de primera superficie (cada espejo tiene un diámetro de 40 cm) [2].

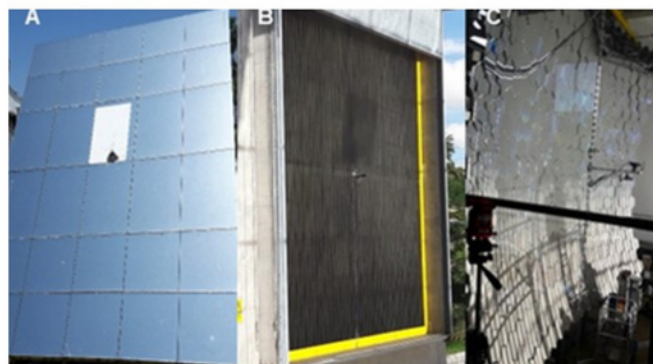


Figura 1. Principales componentes del horno solar de alto flujo radiativo del IER-UNAM: A) heliostato, B) atenuador y C) concentrador.

MATERIALES CERÁMICOS: *HAFNIA*

Los cerámicos son compuestos químicos inorgánicos que combinan elementos metálicos y no metálicos, siendo clasificados en dos tipos: cerámicos tradicionales que son obtenidos de materias primas naturales y son muy abundantes en la corteza terrestre (arcillas, vidrio, cemento, porcelana, etc.) y cerámicos avanzados que presentan composiciones químicas más complejas y son obtenidos por procesamiento más especializados (semiconductores, superconductores y biocerámicos, etc) [2].

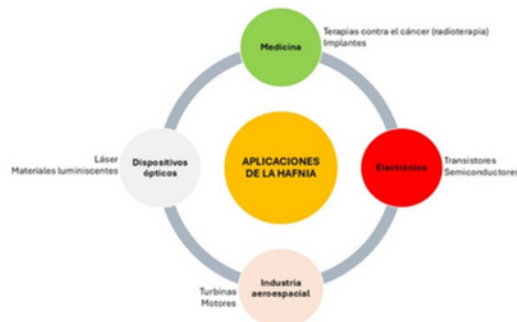


Figura 2. Principales aplicaciones de la hafnia.

Los materiales cerámicos avanzados se clasifican de manera general en óxidos (hafnia, alúmina, zirconia, etc.) y no óxidos (carburo de silicio, diboruro de zirconia, carburo de titanio, etc.)

El óxido de hafnio (HfO_2) también es conocido como hafnia y es un material cerámico que de acuerdo con sus excelentes propiedades térmicas, eléctricas y mecánicas tiene potenciales aplicaciones en las áreas de electrónica, óptica, biomédica, aeroespacial, entre otras (Figura 2).

PROCESAMIENTO DE HAFNIA *EN HORNO SOLAR*

En el procesamiento de cerámicos, la radiación solar concentrada puede ser utilizada para proporcionar la energía térmica necesaria para su obtención, evitando así el uso de combustibles fósiles y emisiones de gases contaminantes y ofrece una alternativa sostenible conveniente para tratamientos de materiales

Para la obtención de hafnia mediante el uso del horno solar de alto flujo radiativo del IER-UNAM se siguieron dos etapas:



1. Los reactivos de pectina ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_7$), agua destilada y tetracloruro de hafnio (HfCl_4) se disolvieron y agitaron para ser secados a una temperatura de 110°C durante 24 horas y obtener los polvos que se introducirán en el reactor solar.

2. Los polvos de la etapa anterior se introducen en un crisol de alúmina en la zona focal del horno solar para ser irradiados con energía solar concentrada a una temperatura de 1500°C por 30 minutos.

Los polvos obtenidos en la segunda etapa son analizados mediante la técnica de difracción de rayos X (DRX) para verificar la obtención de la hafnia.

RESULTADOS OBTENIDOS

La hafnia es un material que presenta polimorfismo, es decir, puede existir o adoptar diferentes estructuras cristalinas: monoclinica, ortorrómbica y cúbica, donde cada una de ellas está caracterizada por propiedades únicas lo cual depende de diversos parámetros tales como temperatura, presión, estrés, condiciones y procesamiento; la fase monoclinica es la más estable [3,4].

La Figura 3 muestra los resultados obtenidos por análisis DRX de la hafnia procesada en horno solar, observando dos fases cristalinas en el material: hafnia monoclinica (m-HfO₂) principalmente y hafnia ortorrómbica (o-HfO₂) en mínima cantidad, donde

las fases cristalinas obtenidas son validadas con tarjetas de datos cristalográficos (# 34-0104 para m-HfO₂ y #21-0904 para o-HfO₂). El difractograma presenta picos muy definidos indicando la formación de un material cristalino, identificando el pico de mayor intensidad en $2\theta=28.2^\circ$ perteneciente al plano cristalográfico (-1 1 1) de m-HfO₂. De acuerdo a investigaciones [5-7], la estructura monoclinica (m-HfO₂) proporciona mejores propiedades ópticas con respecto a otras fases de la hafnia, mientras que la estructura ortorrómbica (o-HfO₂) podría mejorar las propiedades ferroeléctricas para diversas aplicaciones como en dispositivos electrónicos.

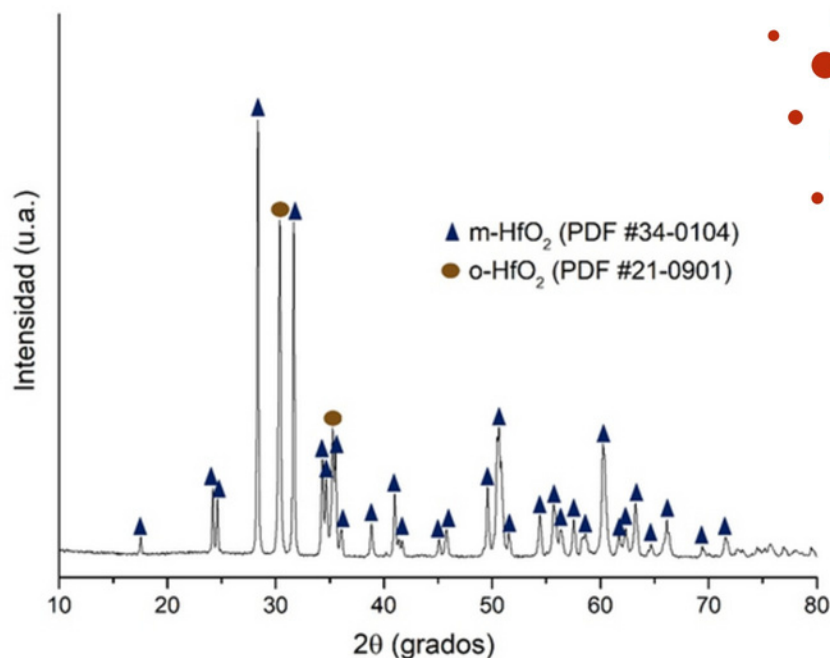


Figura 3. Patrón de difracción de rayos X de polvos precursores con tratamiento térmico en el horno solar de alto flujo radiativo a una temperatura de 1500 °C por 30 minutos.

CONCLUSIONES

El aprovechamiento de la energía solar concentrada mediante hornos solares representa una alternativa prometedora para el procesamiento de materiales, permitiendo alcanzar altas temperaturas en pocos de minutos. Además, impulsa el desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles que contribuye a la reducción de emisiones contaminantes, fomentando la investigación en energía solar.

Se ha realizado el procesamiento de hafnia mediante el uso del horno solar del IER-UNAM cuyos resultados de análisis de DRX presentaron la obtención de un material cerámico de hafnia sin impurezas, mostrando dos fases cristalinas en el material: m-HfO₂ y o-HfO₂, predominando la fase m-HfO₂ debido a la influencia de la temperatura de procesamiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto DGIP-UAS-PROFAPI 2022/PRO-A8-035 por el apoyo a este trabajo, así como a la asistencia técnica en DRX a M.L. Ramón García del IER-UNAM.

REFERENCIAS

- [1]Dey, S., Sreenivasulu, A., Veerendra, G.T.N., Rao, K.V., Babu, P.A. (2022). Renewable energy present status and future potentials in India: An overview. *Innovation and Green Development*, 1(1), 100006.
- [2]Riveros-Rosas, D., Herrera-Vázquez, J., Pérez-Rábago, C.A., Arancibia-Bulnes, C.A., Vázquez-Montiel, S., Sánchez-González, M., Granados-Agustín, F., Jaramillo, O.A., Estrada, C.A. (2010). Optical design of a high radiative flux solar furnace for Mexico. *Solar Energy*, 84(5), 792-800.
- [3]Pavoni, E., Mohebbi, E., Mencarelli, D., Stipa, P., Laudadio, E., Pierantoni, L. (2022). The effect of Y doping on monoclinic, orthorhombic, and cubic polymorphs of HfO_2 : a first principles study. *Nanomaterials*, 12(23), 4324.
- [4]Kol, S., Oral, A.Y. (2019). Hf-Based High-k Dielectrics: A Review. *Acta Physica Polonica A*. 136, 873-881.
- [5]Li, J., Han, J., Meng, S., Lu, H., Tohyama, T. (2013). Optical properties of monoclinic HfO_2 studied by first-principles local density approximation+ U approach. *Applied Physics Letters*, 103(7).
- [6]Kar, J.K., Chaudhury, S., Dharmale, N. (2022). Density Functional Theory (DFT) Analysis on the Structural, Electronic, and Optical Properties of Monoclinic HfO_2 . In 2022 IEEE VLSI Device Circuit and System (VLSI DCS) (pp. 34-40). IEEE.
- [7]Gritsenko, V.A., Perevalov, T.V., Islamov, D.R. (2016). Electronic properties of hafnium oxide: A contribution from defects and traps. *Physics Reports*, 613, 1-20.