

Roberto Carlos Ruiz Ortega¹, María de Lourdes Albor-Aguilera¹, Lucero Alejandra Esquivel Mendez¹, Miguel Ángel González-Trujillo², C. Hernandez Vasquez².

¹ Instituto Politécnico Nacional-ESFM, Departamento de Física, U.P.A.L.M., San Pedro Zacatenco, CDMX, 07738, México.

² Instituto Politécnico Nacional-ESCOM, Ciencias Básicas, U.P.A.L.M., CDMX, 07738, México.

RESUMEN/ABSTRACT

El Sulfuro de Zinc (ZnS) es un importante semiconductor utilizado en diferentes dispositivos eléctricos y optoelectrónicos debido a las propiedades físicas que presenta, en este sentido puede ser empleado como material ventana o capa buffer en celdas solares de película delgada, debido a su valor de brecha de energía directa entre 3.6 y 3.9 eV, alta transparencia óptica desde el UV hasta el Infrarrojo (IR), alta estabilidad química y térmica, además de ser libre de cadmio, el cual es un elemento tóxico y dañino para el medio ambiente y el usuario. En este sentido, en este trabajo se depositaron películas delgadas de ZnS mediante la técnica de depósito por baño químico poco profundo (DBQ) sobre sustratos de vidrio comercial con un área de 100 cm², los cuales contienen dióxido de estaño fluorinado (SnO₂:F). Finalmente, las películas delgadas obtenidas fueron tratadas térmicamente y sus propiedades físicas fueron estudiadas, con el propósito de evaluar si las películas obtenidas con este sistema de depósito presentan reproducibilidad en sus propiedades optoelectrónicas, y si estas propiedades son adecuadas para que estas películas delgadas puedan ser implementadas posteriormente como material ventana o capa buffer en celdas solares de película delgada.

DETALLES EXPERIMENTALES

Introducción

El sulfuro de zinc (ZnS) es uno de los materiales semiconductores del grupo II-VI más importante y prometedor para la fabricación de celdas solares de película delgada, debido a que presenta un valor de brecha de energía directa entre 3.6-3.9 eV a temperatura ambiente, alta transparencia óptica que va desde el ultravioleta (UV) hasta regiones de infrarrojos (IR) [1]. Esta transparencia óptica combinada con la estabilidad química y térmica hace que ZnS sea uno de los materiales más utilizados como capa buffer para ventanas ópticas. Este material presenta buenas propiedades optoelectrónicas, tales como: una transmisión óptica superior al 70%, resistividades eléctricas alrededor de 10⁻² Ω.cm [2]. El ZnS presenta una deficiencia de azufre, lo que le da una conductividad tipo-n; en este sentido este material ha sido incorporado como capa buffer en celdas solares del tipo Cu(In, Ga)Se₂ (CIGS), Cu₂ZnSnS₄ (CZTSSe) y CdTe mejorando densidad de corriente de corto circuito cercana a 30 mA.cm², dependiendo del material absorbente utilizado [3-4].

El ZnS ha sido depositado mediante una variedad de métodos químicos y físicos como son: spray pirolisis, pulverización catódica (sputtering), evaporación por haz de electrones y depósito por baño químico (DBQ). La técnica DBQ resulta ser un método versátil para obtener películas delgadas con propiedades físicas adecuadas para su implementación como capa buffer en celdas solares, el ZnS depositado por DBQ exhibe una estructura cristalina hexagonal usando tratamientos térmicos en una atmósfera de aire a 500 °C [5].

El utilizar materiales que ayuden a capturar fotones en la región ultravioleta son de gran interés, además de ser menos tóxicos; en este sentido el ZnS es un buen candidato para ser utilizado en uniones ZnS/CdS y CdZnS/CdS, ya que estas uniones disminuyen la absorción de fotones en la capa ventana, mientras que aumenta la corriente de cortocircuito en los dispositivos de telurio de cadmio (CdTe) [6].

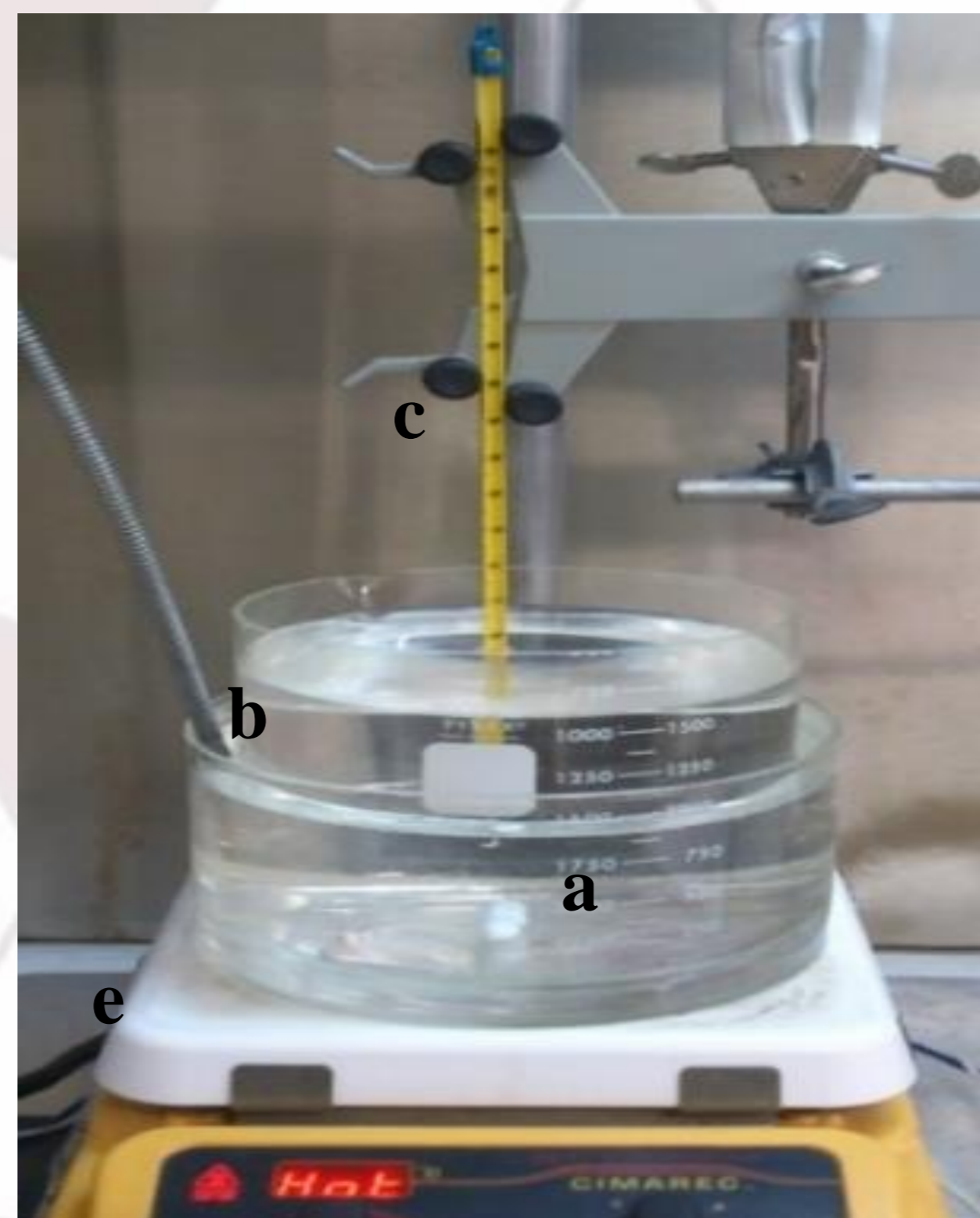


Fig 1. Sistema de depósito por baño químico poco profundo, a) baño maría, b) vaso reactor, c) Indicador de temperatura y c) parrilla de calentamiento.

Depósito de películas delgadas de PEDOT:PSS

- Tiempo de depósito: 40 minutos.
- Temperatura de depósito: 80 °C
- Soluciones precursoras:
 - Sulfato de Zinc (ZnSO₄)
 - tiourea (CH₄N₂S)
 - hidróxido de amonio (NH₄OH).
- Tratamiento térmico en aire (T. aire) a 400 °C

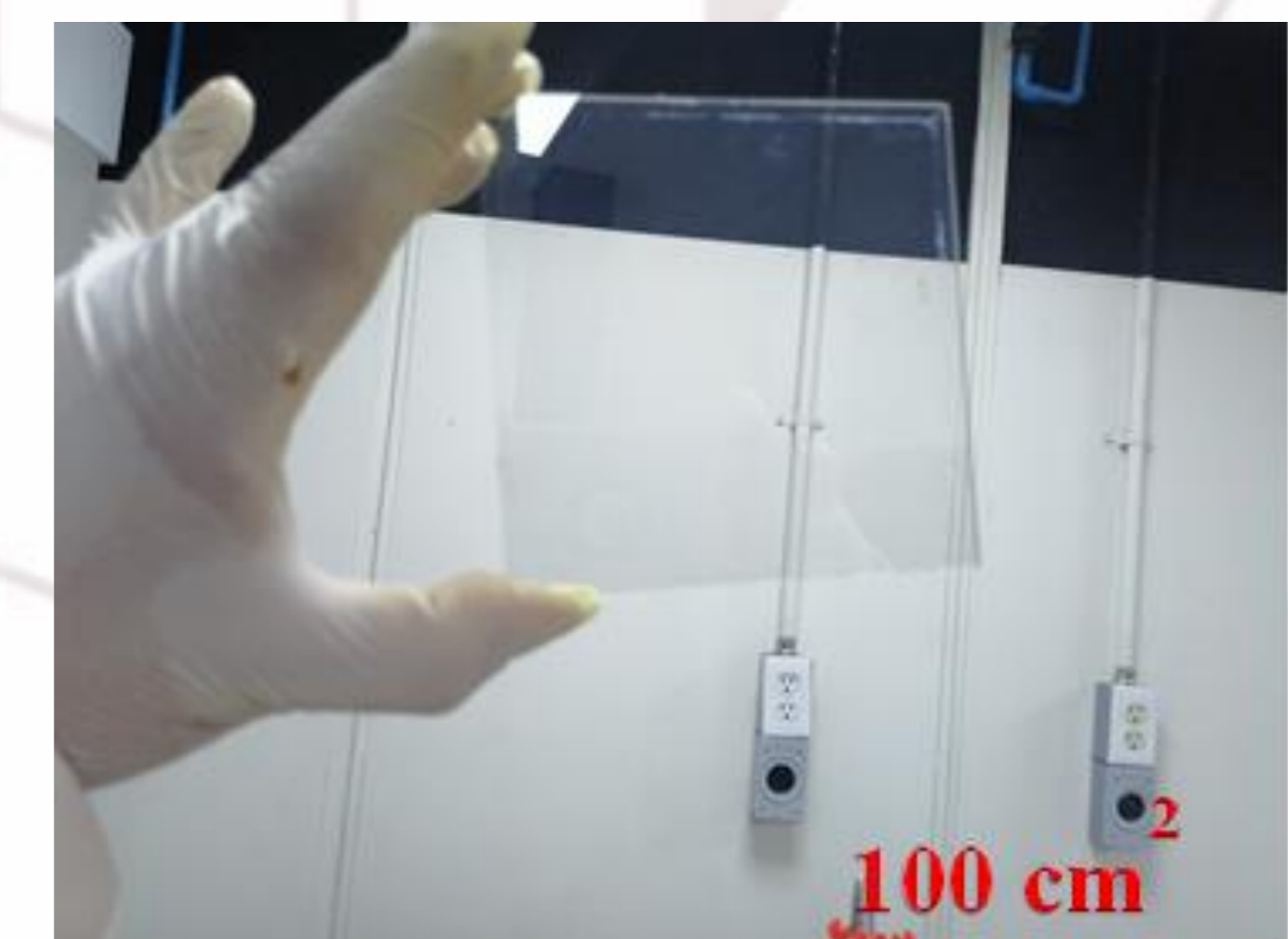


Fig 2. Película delgada de ZnS en área grande depositadas mediante la técnica DBQ.

RESULTADOS

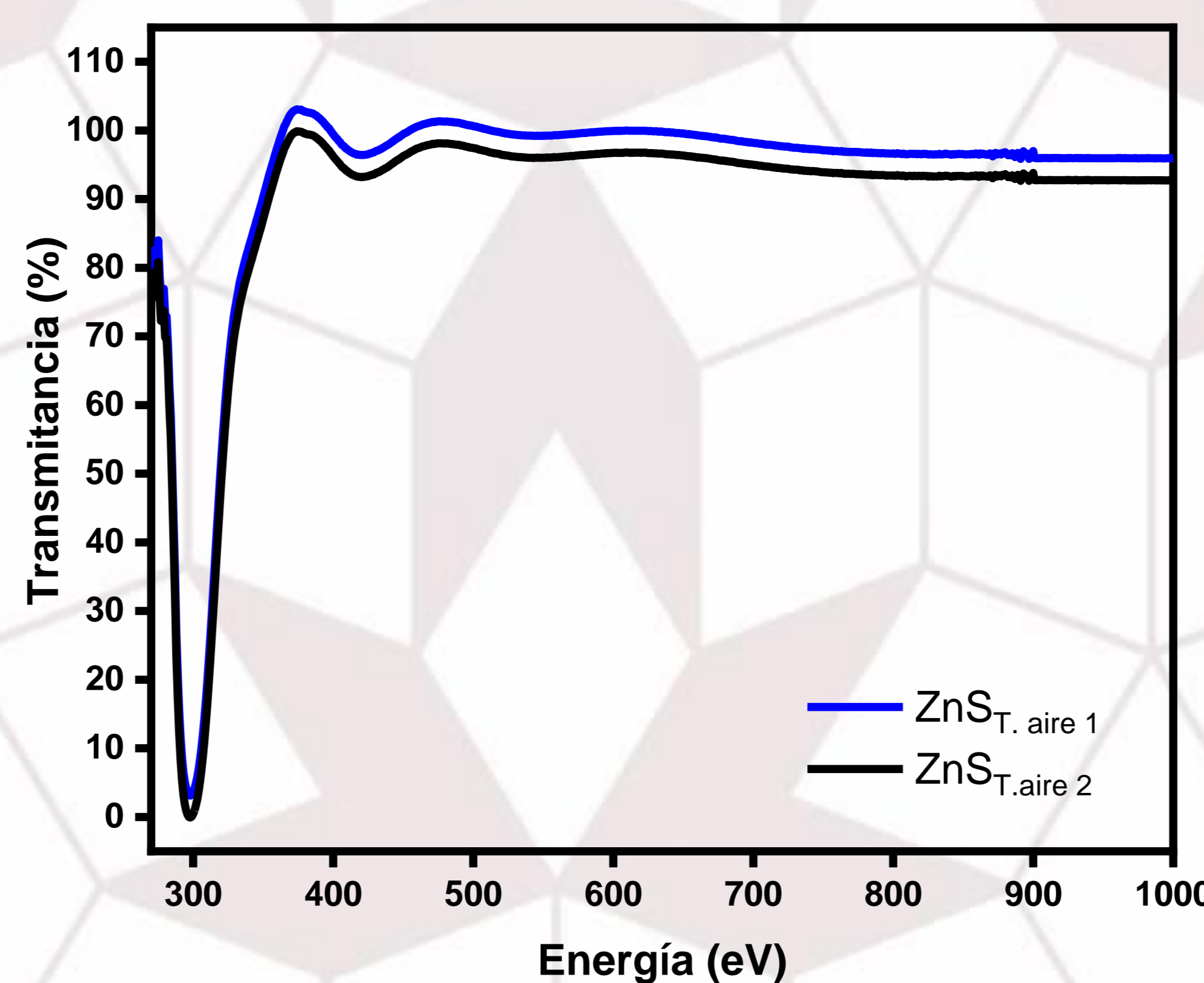


Fig 3. Espectros de transmitancia de las películas delgadas de ZnS por la técnica DBQ.

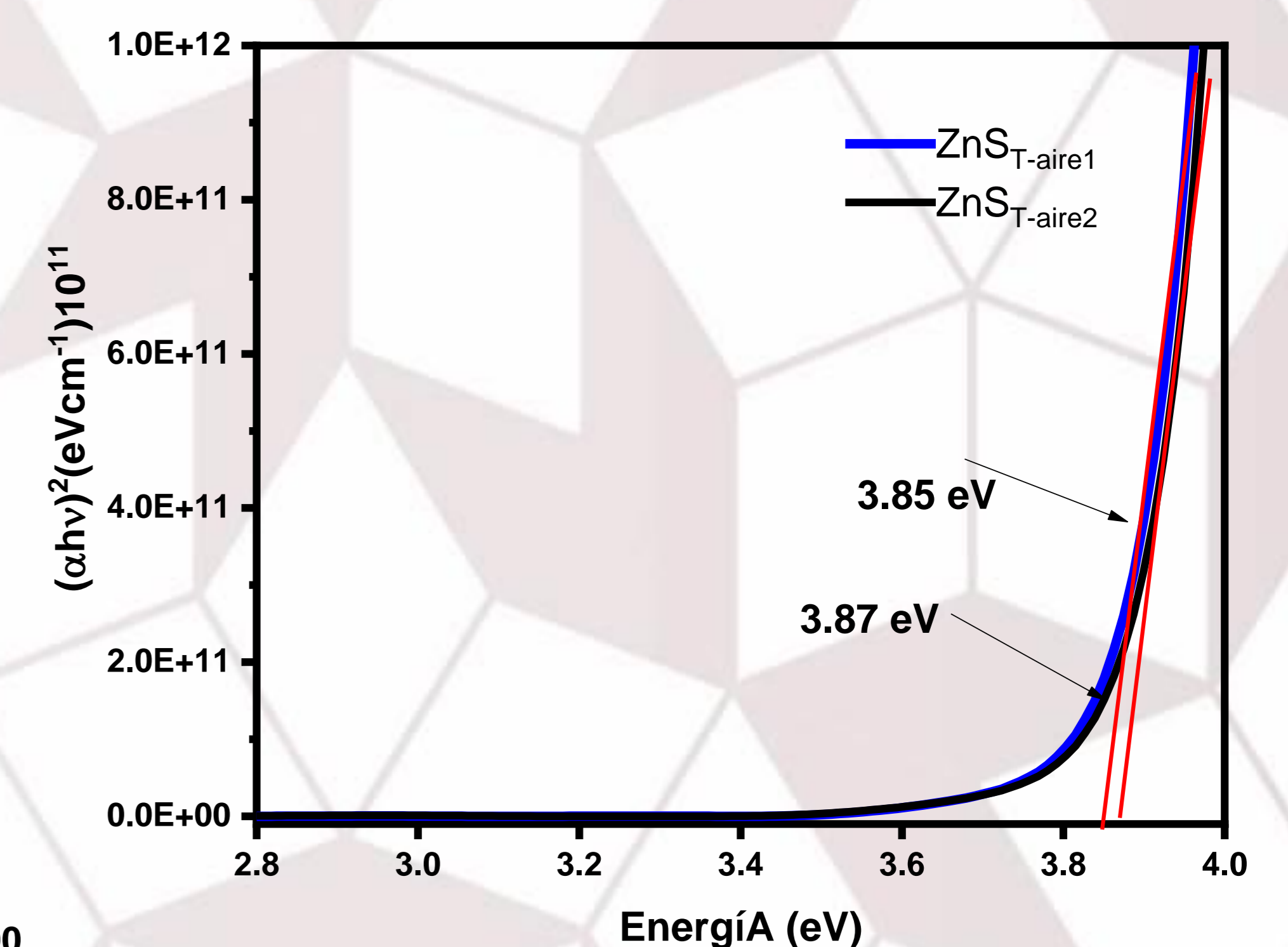


Fig 4. Coeficiente de absorción óptica de las películas delgadas de ZnS depositadas por DBQ.

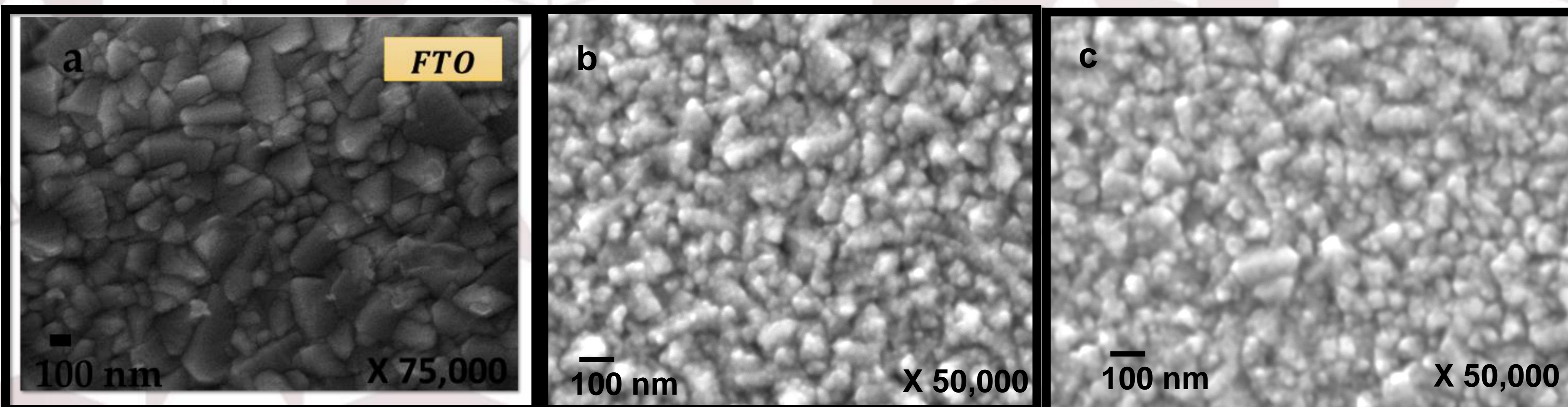


Fig 5. Imágenes de MEB de las películas delgadas de a) FTO, b) ZnS_{T,Aire 1}, c) ZnS_{T,Aire 2}.

CONCLUSIONES

Mediante el uso de la técnica DBQ poco profundo se lograron depositar películas delgadas de ZnS nanoestructuradas en área grande, utilizando una cantidad mínima de solución precursora (150ml), estudiando las propiedades físicas que se reportan en este trabajo, se logra observar que no hay una diferencia notable en la morfología, cuantificación química, transparencia óptica, brecha de energía prohibida, espesores y resistividad de las películas obtenidas. Lo cual nos indica con fiabilidad que se pueden procesar películas delgadas de ZnS con propiedades físicas reproducibles y las cuales son adecuadas para que estas películas semiconductoras puedan ser implementadas como capas buffer en celdas solares de película delgada.

Table 1. Valores de espesor y resistividad obtenidos de las películas delgadas de ZnS.

Muestra	Espesor [nm]	Resistividad [Ω.cm]
ZnS _{T,Aire 1}	60	11
ZnS _{T,Aire 2}	63	14

Table 2. Cuantificación química de elementos de las muestras de ZnS depositadas por DBQ.

Muestra	Composición química % atómico	
	Zn	S
ZnS _{T,Aire 1}	55	45
ZnS _{T,Aire 2}	59	41

Reconocimientos

Este trabajo ha sido patrocinado por los proyectos: SIP-20221619, SIP-20221737, SIP20221743, BEIFI y CONACYT.