



Sensor de alta sensibilidad para gas H_2S construido con película delgada de SnO_2/CuO nanoestructurado

Mariana Poiasina¹, Cristian Arrieta², Claudio Gillari², Marcelo Cabezas¹, Norberto Boggio³, Claudia Bojorge¹

¹ DEMAPE, UNIDEF (CITEDEF-CONICET) Villa Martelli, Bs.As. Argentina

² DEA-Microelectrónica (CITEDEF-MINDEF) Villa Martelli, Bs.As. Argentina

³ Dpto. de Micro y Nanotecnología INN (CAC-CONICET) San Martín, Bs.As. Argentina

Resumen. En este trabajo se presentan los avances alcanzados en el desarrollo de un sensor para la detección de bajas concentraciones de gas sulfhídrico (H_2S) en aire (10 a 15 ppm). Para ello, se sintetizó dióxido de estaño (SnO_2) nanocrystalino dopado con óxido de cobre (CuO), en forma de película delgada integrada a un microcalefactor. Este tipo de sensores basados en un material semiconductor como el SnO_2 , varían su resistencia eléctrica cuando están expuestos a gases específicos. El depósito de la película sobre un microcalefactor permite un control preciso de la temperatura de operación del sensor. Al optimizar la temperatura, se puede maximizar la sensibilidad y selectividad del sensor hacia el gas H_2S .

Además de detectar H_2S , si se modifica el dopante el SnO_2 puede utilizarse para detectar otros gases combustibles, tóxicos y/o contaminantes, como por ejemplo H_2 , CO y compuestos orgánicos volátiles, por lo que estos desarrollos tienen importantes aplicaciones militares y duales.

Parte Experimental

Síntesis y caracterización de películas

Se implementó la técnica de *sol-gel* para la síntesis de las películas. Se preparó una solución precursora 0.5 M de $SnCl_2 \cdot 2H_2O$, dopada al 5% en peso con $CuCl_2 \cdot 2H_2O$, que fue depositada sobre sustratos de silicio nitrurado para la caracterización estructural y eléctrica. Se usó Difracción de Rayos X (DRX) para el estudio cristalino del material obtenido. La morfología superficial de las películas fue observada mediante Microscopía Electrónica de Barrido (FESEM).

Se determinó el rango de sensibilidad y la temperatura óptima de operación (T_o) de la película sensora midiendo su resistencia eléctrica, alternando la circulación de aire puro y aire con una mezcla de gas a distintas concentraciones. Se calculó la sensibilidad S (1):

$$S = R_{air} / R_{air+gas} \quad (1)$$

donde R_{air} y $R_{air+gas}$ son los valores de la resistencia en aire y en aire más gas, respectivamente.

Características del microcalefactor

El microcalefactor fue diseñado y fabricado por el Dto. de Micro y Nanotecnología, del Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET). La configuración consta de una película dieléctrica suspendida, sobre la cual se colocan las termorresistencias que forman el calefactor, así como los contactos eléctricos de la película sensora (Fig.1a). Estos contactos cumplen una doble función: actúan como calefactor y como electrodos de contacto para las mediciones eléctricas del sensor. Este diseño permite un ahorro considerable de energía. La película sensora es depositada sobre el microcalefactor (Fig.1b).

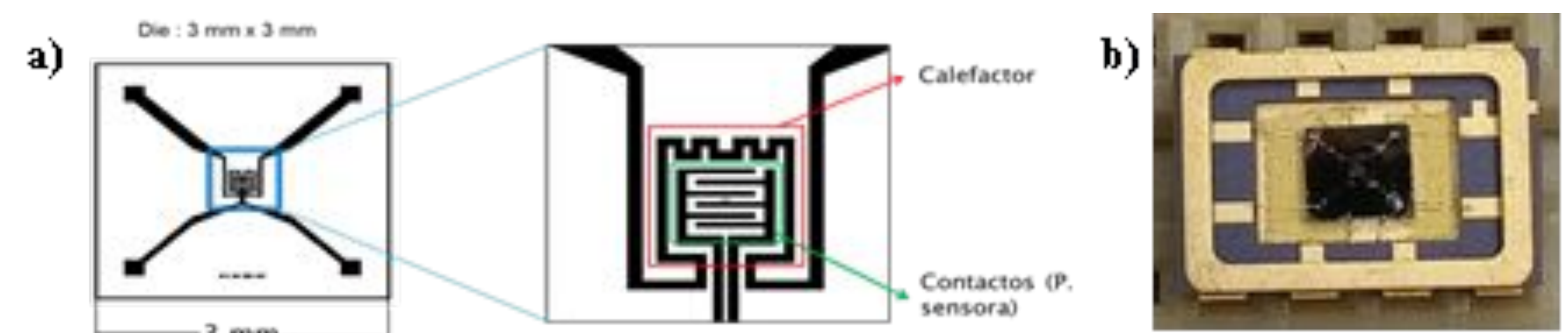


Fig. 1. a) Esquema del microcalefactor, b) sensor encapsulado.

Resultados y Conclusiones

Los difractogramas DRX (Fig.2) verificaron la formación cristalina del SnO_2 con un tamaño promedio de cristallita de (10 ± 1) nm. La micrografía FESEM del perfil (Fig.3) permitió determinar el espesor medio del film ($e=137,7$ nm). Las imágenes de la superficie (Fig.4 a-b) mostraron films homogéneos y tamaños de cristallitas que confirman el valor obtenido por DRX.

Se determinó que la T_o del sensor es de $(140-150)^\circ C$ (Fig.5). Las mediciones eléctricas demostraron una sensibilidad satisfactoria para la detección de H_2S (g) cumpliendo con los límites de concentración esperados de 10 ppm (Fig.6).

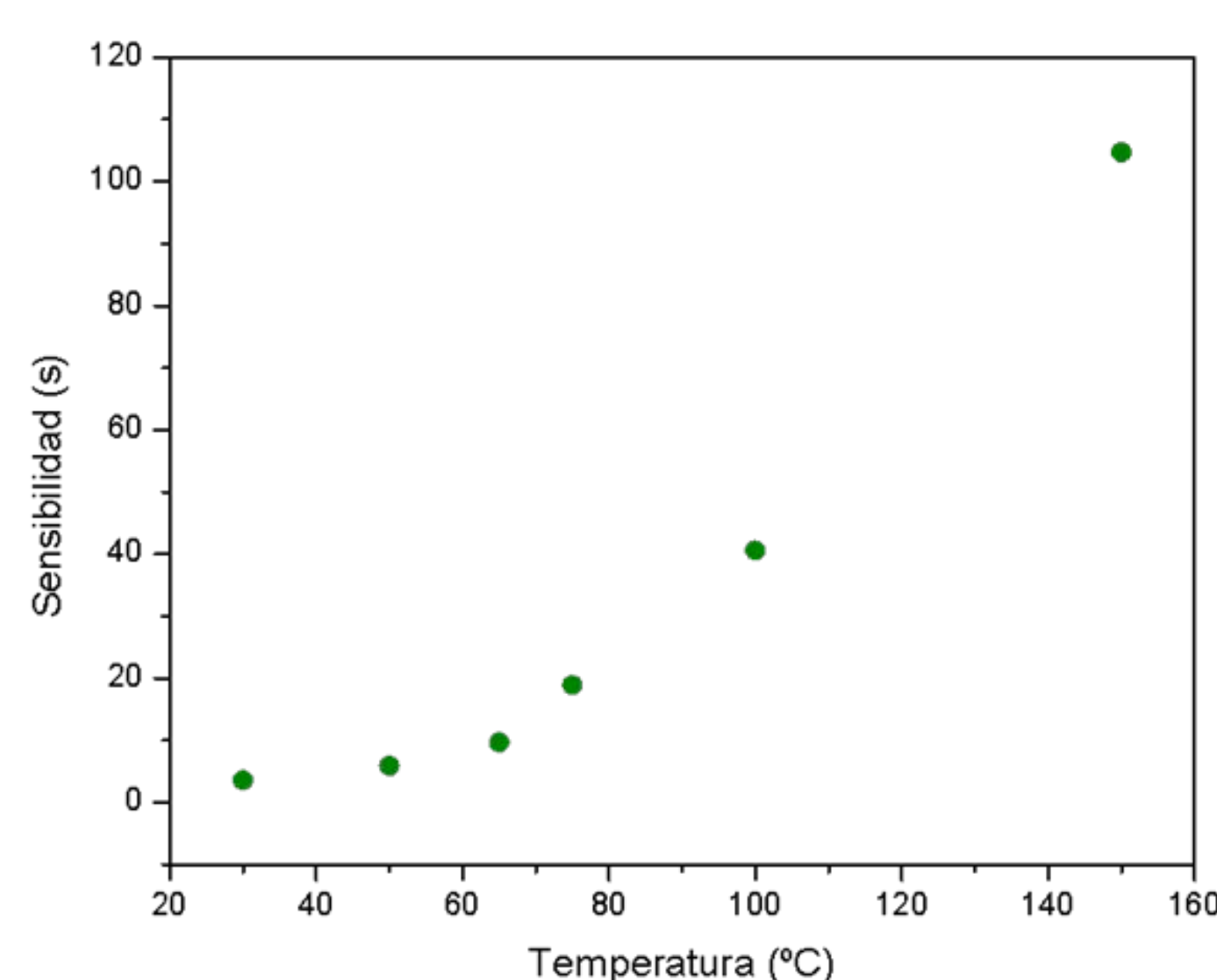


Fig.5. Mediciones eléctricas: Sensibilidad en función de la temperatura

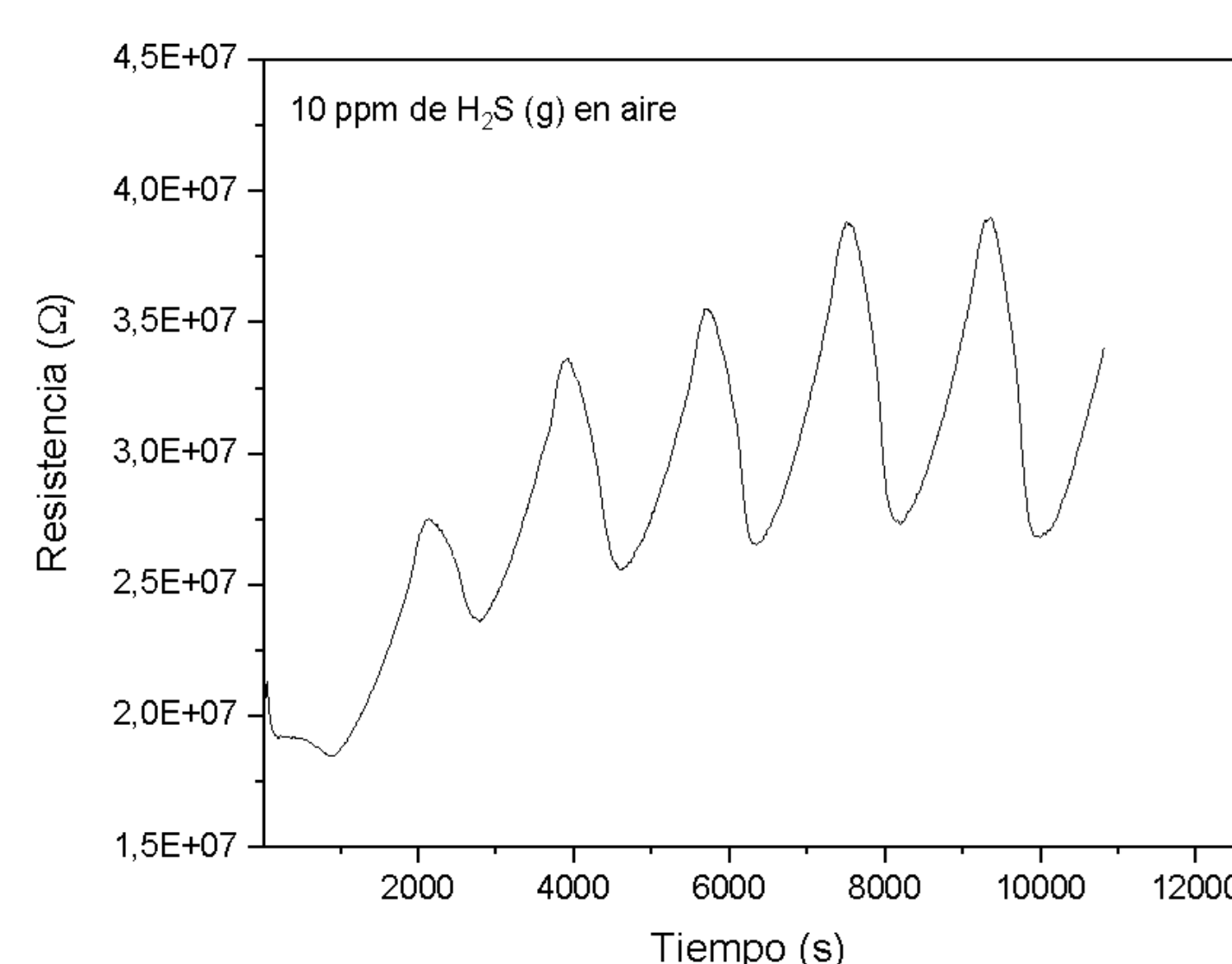


Fig. 6. Cambios de resistencia eléctrica del material en función del tiempo para circulación de aire puro y aire con 10 ppm de H_2S a $140^\circ C$.

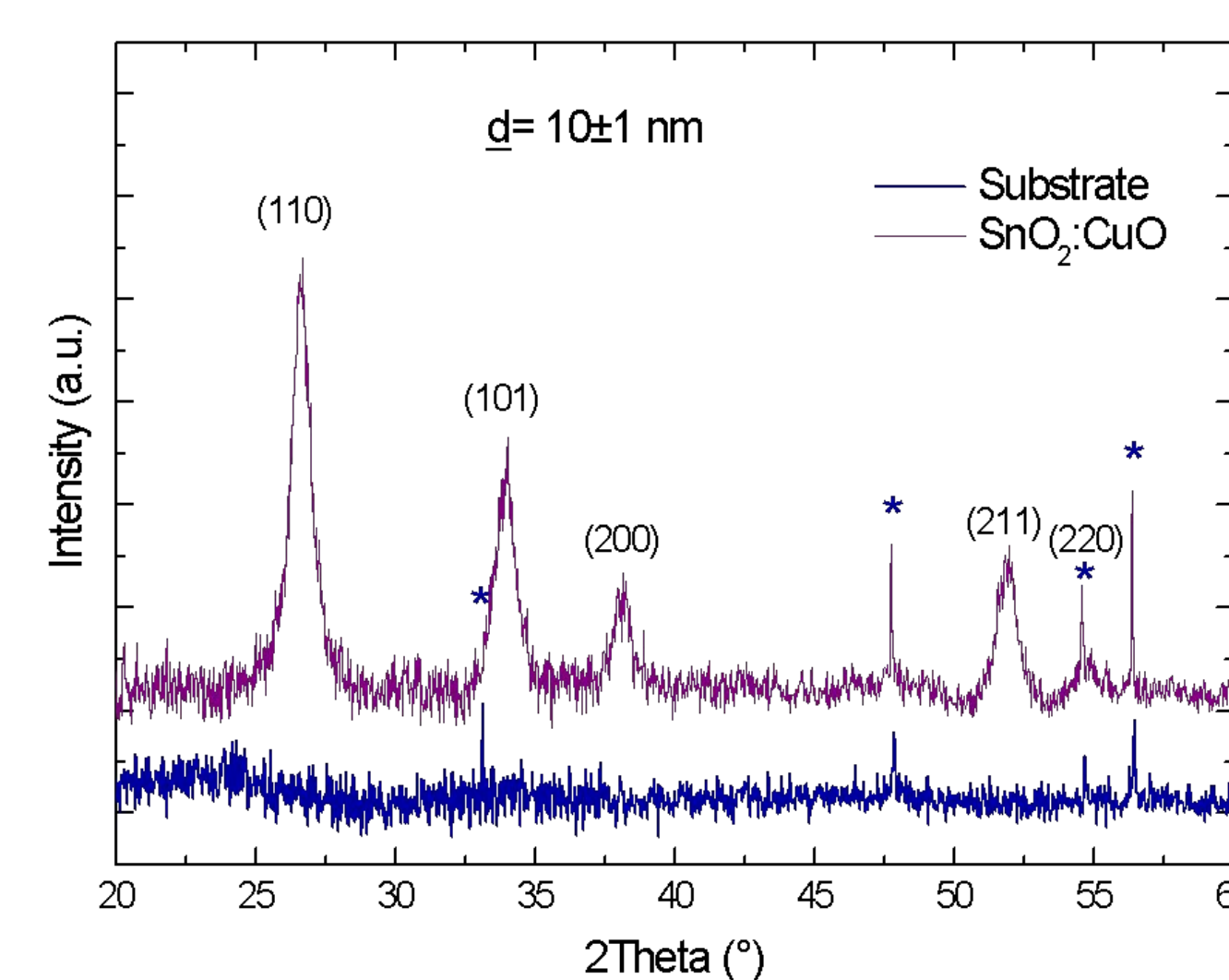


Fig. 2. Difractograma DRX de película sensora y sustrato.

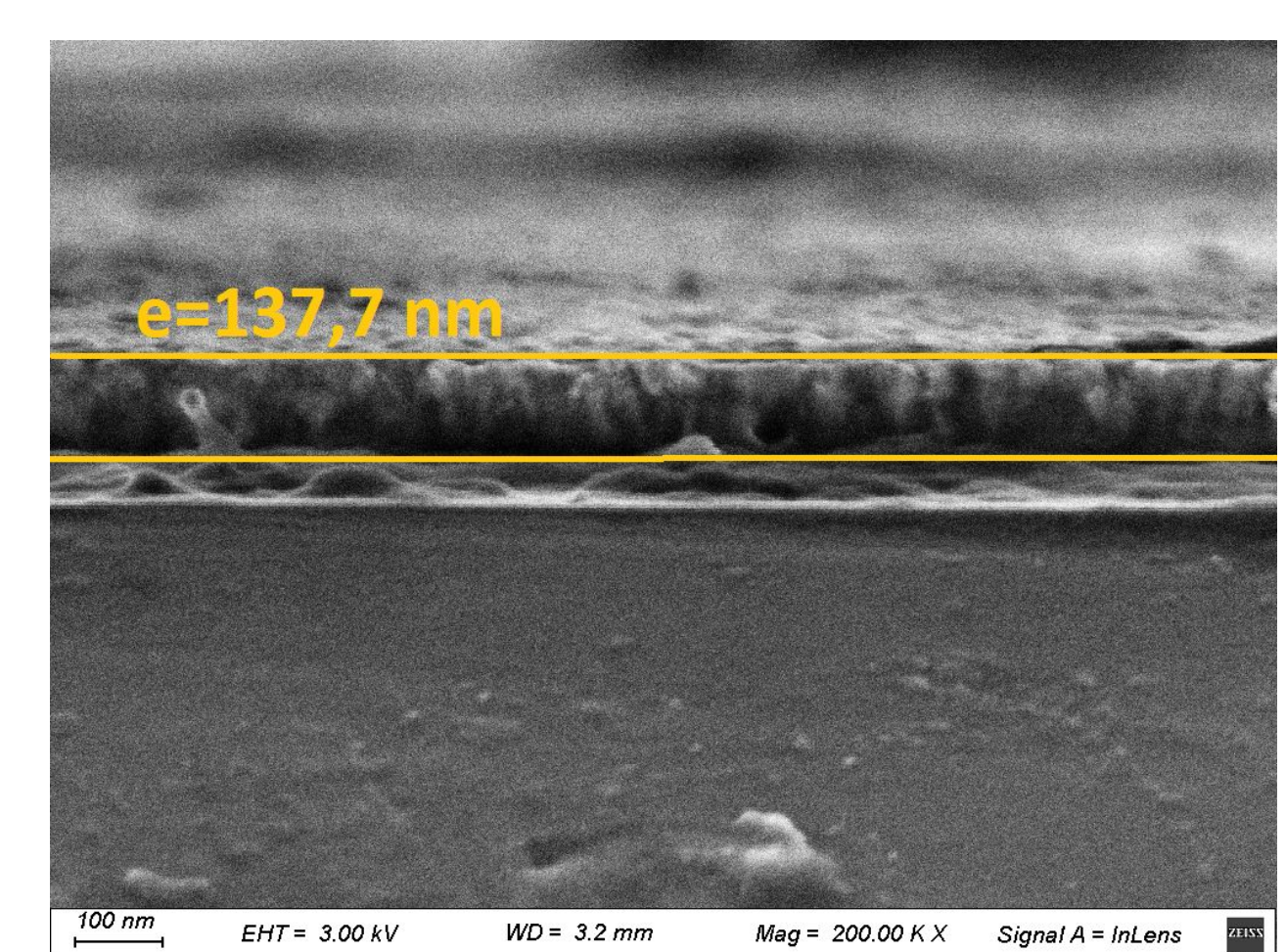


Fig. 3. Micrografía FESEM del perfil .

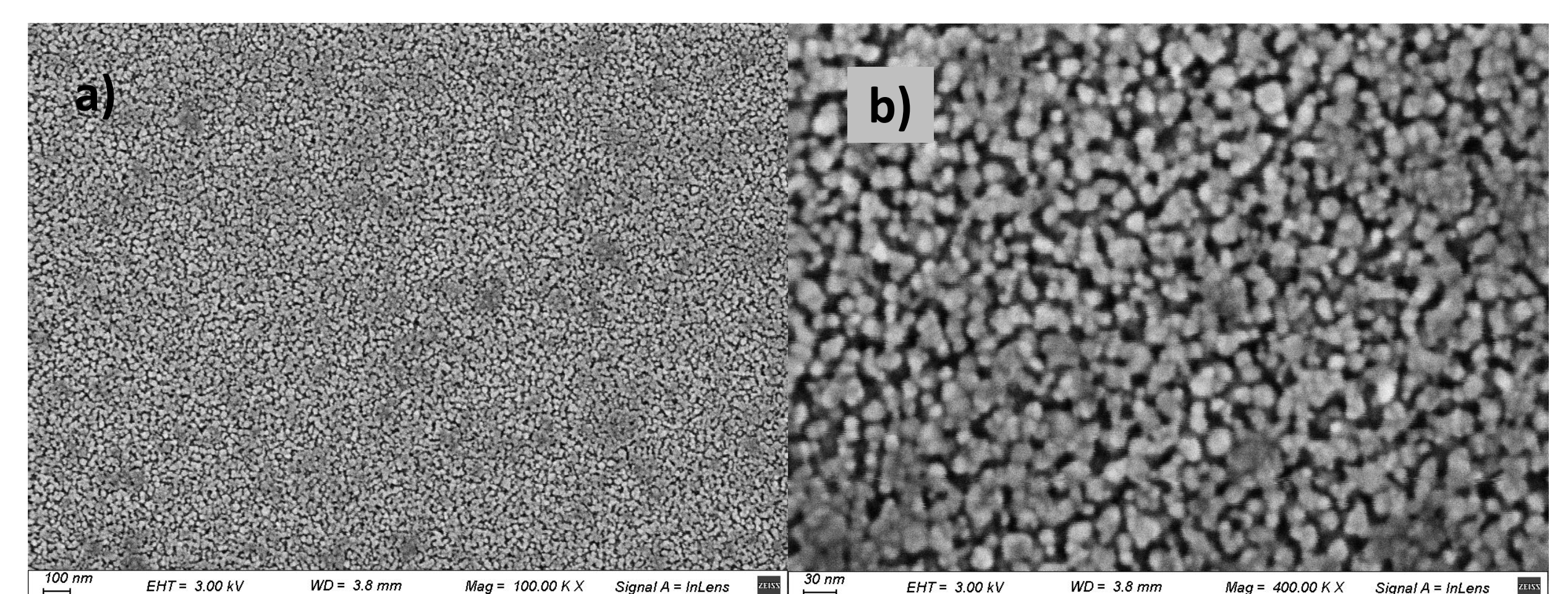


Fig. 4 a-b. Micrografías FESEM de la superficie de la película.

Los estudios indicaron que el SnO_2 nanocrystalino, dopado con CuO (5% en peso) es un material sensible, adecuado para la detección de bajas concentraciones de gas H_2S . Este trabajo sienta las bases para futuros desarrollos en la detección de gases tóxicos, con aplicaciones potenciales en diversas industrias.

Agradecimientos. Los autores agradecen al Dr. Diego Lamas y a la Dra. Lucía Toscani del Laboratorio de Cristalografía Aplicada de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), por la colaboración en la caracterización con la técnica DRX y al grupo de Micro y Nanotecnología, del Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (CNEA-CONICET) por la realización de los microcalefactores. Este trabajo fue financiado por CONICET (PUE 2018-018).

