

OPTIMIZACIÓN DE SEMICONDUCTORES DE ÓXIDO DE MOLIBDENO MEDIANTE ANÁLISIS DE DATOS Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA



AUTORA: MTRA. ALINE HERNÁNDEZ GARCÍA
ASESOR: DR. LEÓN HAMUI BALAS

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de semiconductores basados en silicio (Si) y óxidos de molibdeno (MoO_x) es clave para mejorar la eficiencia de dispositivos electrónicos avanzados debido a sus propiedades electrónicas. La fabricación a escala nanométrica requiere una caracterización precisa mediante SEM (microscopía electrónica de barrido) y EDS (espectroscopia de energía dispersiva) para analizar la morfología y composición química, aunque el análisis de datos presenta desafíos por su volumen, complejidad y ruido. Este proyecto propone un algoritmo de interpolación para modelar y analizar datos de SEM-EDS, permitiendo reconstruir datos incompletos, identificar patrones, correlacionar estructura y propiedades electrónicas, y generar visualizaciones detalladas, lo que facilitará la optimización de la fabricación y mejorará el rendimiento de los semiconductores.

OBJETIVO

Optimizar la visualización del depósito de óxido de molibdeno sobre un sustrato de silicio mediante técnicas de inteligencia artificial y ciencia de datos, con el fin de mejorar el desarrollo de semiconductores.

METODOLOGÍA

- 01 Depositar óxido de molibdeno en silicio
- 02 Preparar las muestras y realizar mediciones de las mismas
- 03 Desarrollar el algoritmo, realizar pruebas con él y validarlo
- 04 Ajustar las nuevas condiciones y obtener los resultados finales

Figura 1. Metodología expresada en un diagrama de flujo.
Elaboración propia.

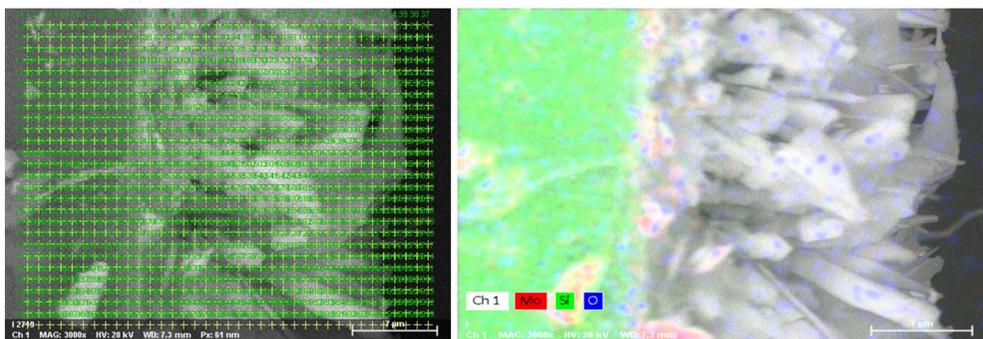


Figura 2. Puntos indicativos de la zona de análisis.
Elaboración propia.

Figura 3. Mapeo elemental mediante SEM-EDS.
Elaboración propia.

BIBLIOGRAFÍA

Jany, B. R. (2025). Machine Learning techniques in microscopic characterisation of nanomaterials. IOP Conference Series Materials Science And Engineering, 1324(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1324/1/012007>
Lee, Y., & Kim, S. B. (2024). Weakly Supervised Image Segmentation for Detecting Defects from Scanning Electron Microscopy Images in Semiconductor. IEEE Access, 1. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3513873>

RESULTADOS

El mapeo SEM revela que la capa de óxido de molibdeno no es claramente visible, excepto por la presencia de un pequeño cristal sobre el sustrato de silicio. Sin embargo, no es posible determinar con precisión la cantidad de molibdeno y oxígeno presentes, lo que dificulta la identificación del tipo de óxido formado.

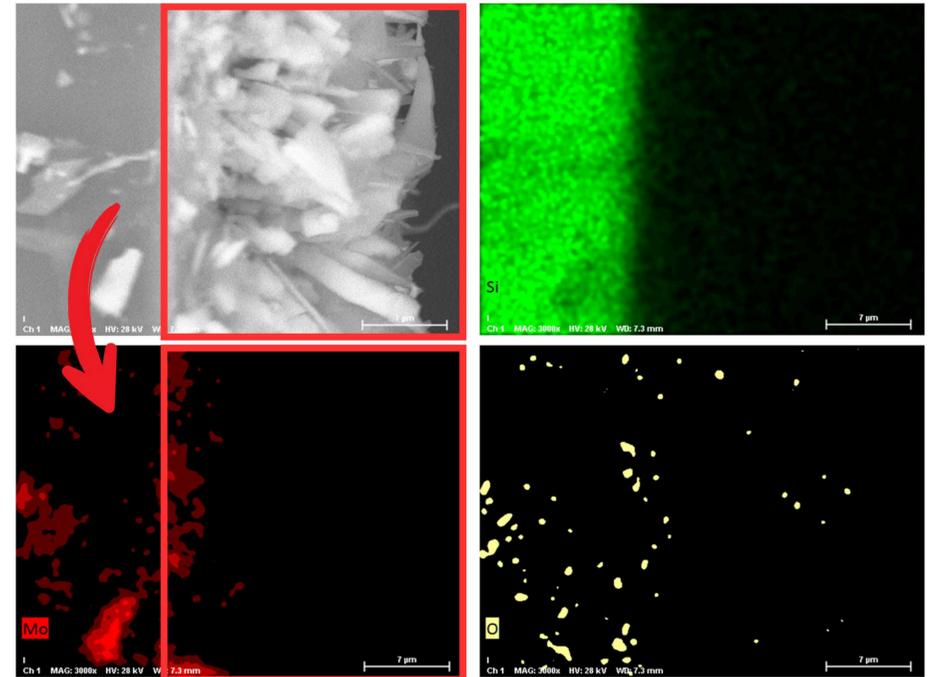


Figura 4. (Antes) Resultados por mapeo convencional SEM-EDS.
Elaboración propia.

Mediante la visualización de datos, se observa que la concentración de molibdeno es mayor en las zonas más alejadas del sustrato de silicio, mientras que en las zonas cercanas al sustrato la concentración es más baja. Esto facilita la determinación de la estructura y composición de la capa de óxido.

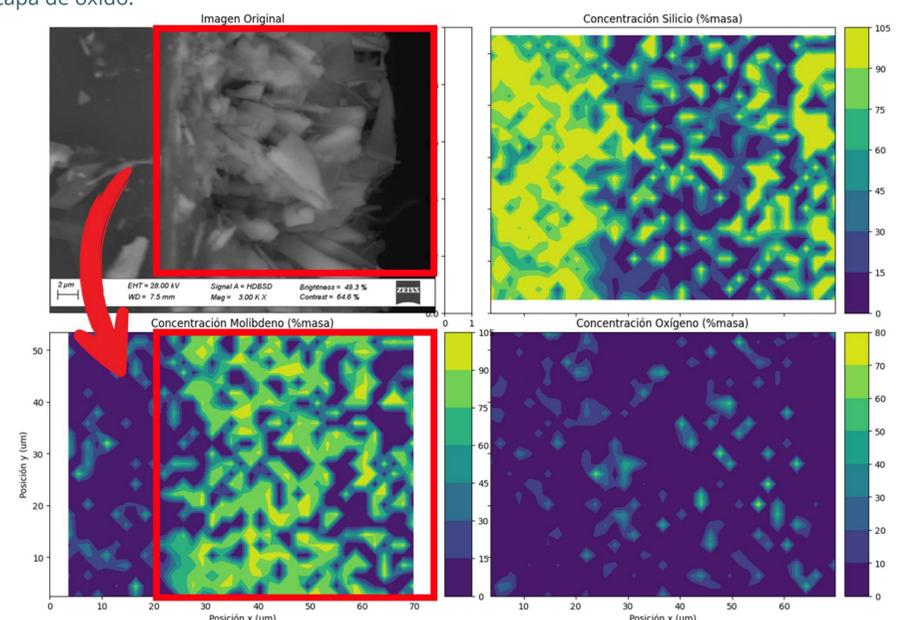


Figura 5. (Después) Resultados aplicando ciencia de datos a las mediciones por SEM-EDS.
Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La combinación de ciencia de datos e inteligencia artificial mejora la visualización y análisis de la distribución de elementos en películas de óxido de molibdeno sobre silicio.
2. La SEM permite ubicar los elementos, pero no determinar con precisión las concentraciones; el análisis de datos resuelve esta limitación.
3. Identificar la concentración y disposición de los elementos facilita la optimización del tratamiento térmico y la formación de compuestos deseados.
4. Mejorar el análisis del proceso de deposición aumenta la eficiencia de producción, reduce costos y optimiza el uso de materiales.