

# MÁSTER EN NUEVAS TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS Y FOTÓNICAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2025-2026

## PROPUESTA

<b>Título:</b>	<i>Depósito de láminas de AZO en atmósferas de AR+H<sub>2</sub> mediante pulverización catódica de alta presión (HPS) para aplicaciones fotovoltaicas</i>
<b>Título en inglés:</b>	<i>Deposition of AZO thin films in Ar+H<sub>2</sub> atmospheres by High Pressure Sputtering (HPS) for photovoltaic applications</i>
<b>Tutor/es:</b>	<i>Rodrigo García Hermansanz</i>
<b>Correos-e:</b>	<i>rodgar01@ucm.es</i>
<b>Lugar de realización:</b>	<i>Facultad de CC. Físicas</i>

### Resumen:

Una parte esencial para el buen funcionamiento de una célula fotovoltaica es obtener un contacto en la cara iluminada que combine una buena transmitancia y una baja resistividad. Los materiales más empleados a tal fin son los óxidos conductores transparentes (TCOs). Optimizar y sustituir los TCOs convencionales por alternativas más sostenibles resulta clave para impulsar la fotovoltaica del futuro. El TCO más utilizado en la industria es el ITO (óxido de indio-estaño), pero la escasez y el elevado coste del indio limitan su escalabilidad en un futuro a gran escala. En este contexto, el óxido de zinc dopado con aluminio (AZO) se presenta como un candidato alternativo, abundante y económico, capaz de ofrecer propiedades competitivas

El presente Trabajo Fin de Máster propone al alumno depositar y caracterizar láminas delgadas AZO mediante pulverización catódica de alta presión (High Pressure Sputtering, HPS) en atmósferas ricas en hidrógeno. La idea de incorporar hidrógeno en la atmósfera de depósito es que actúe como agente reductor, y pueda favorecer la formación de vacantes de oxígeno, aumentando la densidad de portadores libres y reduciendo la resistividad del material.

El objetivo principal de este trabajo es optimizar las condiciones de depósito de láminas de AZO:H, correlacionando la proporción de hidrógeno introducida en el plasma con la microestructura, la concentración de vacantes de oxígeno y las propiedades ópticas y eléctricas de las películas. Para ello se realizarán depósitos sobre sustratos de vidrio y silicio, variando parámetros como la presión de trabajo, la potencia aplicada, la temperatura del sustrato y la relación de gases Ar/O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>. Las láminas obtenidas serán caracterizadas mediante técnicas ópticas y eléctricas. Se espera encontrar una ventana de proceso en la que la resistividad superficial sea reducida sin comprometer la transmitancia en el rango visible, con valores comparables a los de láminas delgadas de ITO de referencia.

El trabajo experimental se llevará a cabo en la sala limpia y laboratorios del Grupo de Láminas Delgadas y Microelectrónica, contando además con el apoyo de los Centros de Asistencia a la Investigación de la UCM. Se prevé que los resultados permitan avanzar en el desarrollo de TCOs alternativos basados en materiales abundantes, sostenibles y de bajo coste, contribuyendo así a la viabilidad de la fotovoltaica a gran escala.

Esta línea de investigación cuenta con financiación de la Agencia Estatal de Investigación a través de los proyectos vigentes PID2023-149369OB-C21, PID2023-149369OB-C22 and PID2023- 148178OB-C21/C22

**Metodología:**

- Estudio de la bibliografía básica necesaria para entender el trabajo experimental.
- Fabricación de los óxidos de prueba mediante el sputtering de alta presión.
  - Estudio de la dinámica del plasma mediante espectroscopía óptica.
- Determinación de las propiedades físicas de las estructuras depositadas (con técnicas tales como transmitancia-reflectancia, espectroscopía infrarroja, etc.) y de las propiedades eléctricas (resistividad, tipo y concentración de portadores, movilidad, etc.)
- En caso de obtener resultados positivos, se estudiará su compatibilidad con células de heterounión completas.

**Conocimientos previos recomendados:**

Aunque no son necesarios para el trabajo experimental, para entender la motivación y los resultados experimentales es conveniente tener conocimientos de electrónica física y de la física de las células fotovoltaicas.

**Bibliografía:**

1. Caudevilla, D; Pérez-Zenteno, F.J; San Andrés, E; et al. «Indium tin oxide obtained by high pressure sputtering for emerging selective contacts in photovoltaic cells». *Materials Science in Semiconductor Processing*, vol. 137, 2022, <https://doi.org/10.1016/J.MSSP.2021.106189>.
2. S. Duarte-Cano, L. et al. "Transparent conductive aluminum-zinc oxide layers deposited by high pressure sputtering" *Applied Surface Science*, Volume 713, 2025, 164357, ISSN 0169-4332, <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2025.164357>.
3. Quntao Tang, Weiyuan Duan, et al., "> 85% indium reduction for high-efficiency silicon heterojunction solar cells with aluminum-doped zinc oxide contacts," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Volume 251, 2023, 112120, ISSN 0927-0248, <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.112120>.
4. P. Schmid *et al.*, "Reducing Indium Consumption in Silicon Hetero Junction Solar Cells With TCO Stack Systems of ITO and AZO," in *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 13, no. 5, pp. 646-655, Sept. 2023, doi: 10.1109/JPHOTOV.2023.3267175.
5. Park, H.G., Hussain, S.Q., Park, J. et al. Influence of hydrogen doping of In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-based transparent conducting oxide films on silicon heterojunction solar cells. *J Mater Sci* 59, 13873–13882 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10853-024-09506-7>