

MÁSTER EN NUEVAS TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS Y FOTÓNICAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	<i>Diseño y desarrollo de una plataforma automatizada para caracterización eléctrica a bajas temperaturas y bajo campo magnético.</i>
Título en inglés:	<i>Design and Development of an Automated Platform for Low-Temperature Electrical Characterization under Magnetic Field</i>
Tutor/es:	Alvaro Muñoz Noval (UCM) Manuel Abuín Herráez (UPM)
Correos-e:	Almuno06@ucm.es , Manuel.abuin@upm.es
Lugar de realización:	Facultad de CC. Físicas-UCM e ISOM-UPM

Resumen:

El objetivo de este Trabajo Fin de Máster es el diseño, integración y puesta en funcionamiento de una plataforma automatizada para la caracterización eléctrica de materiales y dispositivos a bajas temperaturas y bajo campo magnético. El Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología (ISOM-UPM) dispone actualmente de diversos componentes procedentes de un antiguo sistema de caracterización, entre ellos un criostato de ciclo cerrado con compresor de helio y sistema de vacío, capaz de alcanzar temperaturas del orden de 10–20 K, un electroimán con su correspondiente fuente de alimentación y diferentes equipos de instrumentación electrónica, incluyendo controlador de temperatura, unidades fuente-medida (SMU) y nanovoltímetro. Sin embargo, el sistema no se encuentra actualmente operativo y requiere el rediseño e integración de diferentes elementos mecánicos, de vacío, térmicos, eléctricos y de control.

El trabajo comprenderá el desarrollo de un portamuestras criogénico, una placa de circuito impreso compatible con dispositivos microfabricados y wire bonding, el cableado eléctrico para medidas de bajo ruido, la integración de sensores y control de temperatura y el desarrollo de un sistema de interconexión con la instrumentación exterior. Asimismo, se desarrollará una aplicación software para el control de los instrumentos, automatización de secuencias experimentales y adquisición y almacenamiento de datos.

La plataforma permitirá realizar medidas de curvas corriente-tensión (I-V), resistencia a dos y cuatro terminales, resistencia en función de la temperatura $R(T)$, magnetorresistencia $R(H)$ y efecto Hall, proporcionando una herramienta versátil para la caracterización de materiales semiconductores, magnéticos, películas delgadas y dispositivos microfabricados. Finalmente, el sistema será validado experimentalmente mediante la caracterización de muestras de referencia y se determinarán sus principales prestaciones en términos de temperatura mínima, estabilidad térmica, resolución, ruido eléctrico y reproducibilidad.

Metodología:

El trabajo se desarrollará de forma progresiva, comenzando por la evaluación y caracterización de los componentes existentes: criostato, sistema de vacío, electroimán, fuentes de alimentación, controlador de temperatura e instrumentación eléctrica. A partir de esta evaluación se definirán los requisitos funcionales de la nueva plataforma y los componentes adicionales necesarios.

A continuación, se diseñará un portamuestras compatible con el dedo frío del criostato, buscando optimizar el contacto térmico y facilitar el intercambio de muestras. Se diseñará asimismo una PCB para la conexión de muestras y dispositivos mediante wire bonding, compatible con diferentes configuraciones de medida, incluyendo estructuras de cuatro terminales y geometrías Hall.

Se seleccionará e instalará el cableado eléctrico criogénico, considerando su compatibilidad con vacío y bajas temperaturas, las cargas térmicas introducidas y los requisitos asociados a la medida de señales eléctricas de bajo nivel. Se estudiarán estrategias de apantallamiento, puesta a tierra y reducción de interferencias electromagnéticas con objeto de minimizar el ruido de la cadena de medida. Paralelamente, se implementará la sensorización y el control de temperatura de la muestra.

Posteriormente se realizará la integración y comunicación de la instrumentación electrónica, incluyendo SMU, nanovoltímetro, controlador de temperatura y fuente del electroimán. Se desarrollará una aplicación software que permita controlar los diferentes instrumentos, establecer barridos automáticos de temperatura y campo magnético, configurar los parámetros de medida y registrar los datos y condiciones experimentales.

Una vez integrado el sistema se implementarán protocolos de caracterización eléctrica para medidas I-V, R(T), magnetorresistencia y efecto Hall. Finalmente, la plataforma será validada mediante muestras de referencia y se caracterizarán parámetros como temperatura mínima alcanzable, estabilidad térmica, resolución eléctrica, nivel de ruido, relación señal/ruido y reproducibilidad.

Conocimientos previos recomendados:

Se recomiendan conocimientos básicos de electrónica analógica e instrumentación electrónica, especialmente relacionados con medidas de tensión, corriente y resistencia y con la adquisición de señales eléctricas de bajo nivel.

Resultarán útiles conocimientos de física de semiconductores y materiales, transporte eléctrico, efecto Hall y propiedades eléctricas y magnéticas de materiales, así como conceptos básicos relacionados con vacío, transferencia de calor y funcionamiento de sistemas criogénicos.

Para la automatización del sistema se valorarán conocimientos básicos de programación, preferentemente Python, LabVIEW o entornos equivalentes, así como experiencia en comunicación y control de instrumentación mediante interfaces estándar (GPIB, USB, Ethernet, RS-232, etc.).

No se requiere experiencia previa específica en criogenia o magnetotransporte, ya que estos conocimientos se adquirirán durante el desarrollo del trabajo.

Bibliografía:

- C. Kittel, *Introduction to Solid State Physics*, 8th ed., Wiley, 2004.
- S. M. Sze and K. K. Ng, *Physics of Semiconductor Devices*, 3rd ed., Wiley, 2006.
- D. K. Schroder, *Semiconductor Material and Device Characterization*, 3rd ed., Wiley, 2006.
- R. H. White, *Experimental Techniques in Low-Temperature Physics*, 4th ed., Oxford University Press, 2002.
- F. Pobell, *Matter and Methods at Low Temperatures*, 3rd ed., Springer, 2007.
- P. Horowitz and W. Hill, *The Art of Electronics*, 3rd ed., Cambridge University Press, 2015.
- J. H. Scofield, "Frequency-domain description of a lock-in amplifier," *American Journal of Physics*, vol. 62, pp. 129–133, 1994.
- Manuales técnicos y documentación de los equipos de instrumentación, criostato, controlador de temperatura y sistema de generación de campo magnético disponibles en el ISOM-UPM.