UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial

CÓDIGO DEL TFG: 205-031-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Fotolitografía y microfabricación de dispositivos electrónicos con validación estructural y eléctrica

Descripción general (resumen y metodología):

Este Trabajo Fin de Grado propone introducir al estudiante en los procesos básicos de microfabricación de dispositivos electrónicos mediante técnicas de fotolitografía en sala blanca. El trabajo se centrará en la definición de patrones mediante escritura directa por láser y/o alineamiento con máscara, y en su aplicación al procesado de estructuras electrónicas sencillas, tales como contactos metálicos, estructuras de test, diodos o transistores.

La metodología incluirá una revisión inicial de los fundamentos de la fotolitografía, el diseño o adaptación de patrones, y la realización de procesos tecnológicos como deposición de resina fotosensible, exposición, revelado, grabado, metalización y lift-off. En función de la disponibilidad experimental, se podrán procesar materiales semiconductores convencionales, dieléctricos, metales o materiales bidimensionales como grafeno o MoS_2.

Las estructuras fabricadas se evaluarán mediante técnicas de caracterización estructural y morfológica, como microscopía óptica, Raman, SEM o AFM, y mediante caracterización eléctrica, incluyendo medidas corriente-tensión y extracción de parámetros básicos. El trabajo permitirá al estudiante comprender la relación entre el proceso de fabricación, la calidad del patrón litográfico y el comportamiento final del dispositivo.

Tipología: Trabajos experimentales, de toma de datos de campo o de laboratorio.

Objetivos planteados:

Desarrollar y validar experimentalmente procesos de fotolitografía aplicados a la fabricación de estructuras y dispositivos electrónicos.

Objetivos específicos

1. Estudiar los fundamentos de la fotolitografía óptica, la escritura directa por láser y el alineamiento mediante máscara.
2. Familiarizarse con procesos básicos de sala blanca: limpieza de sustratos, spin-coating, exposición, revelado, grabado, metalización y lift-off.
3. Diseñar o adaptar patrones litográficos para la fabricación de estructuras electrónicas de test.
4. Fabricar estructuras sencillas, como líneas metálicas, contactos, diodos, transistores u otros dispositivos compatibles con la infraestructura disponible.
5. Procesar materiales semiconductores, metálicos, dieléctricos o bidimensionales mediante técnicas litográficas.
6. Caracterizar las muestras mediante microscopía óptica, Raman, SEM, AFM u otras técnicas disponibles.
7. Realizar medidas eléctricas básicas y extraer parámetros relevantes de los dispositivos fabricados.
8. Analizar la relación entre los parámetros tecnológicos empleados y la respuesta estructural y eléctrica obtenida.

Bibliografía básica:

1. C. A. Mack, Fundamental Principles of Optical Lithography: The Science of Microfabrication, Wiley, 2007.
2. M. J. Madou, Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, CRC Press.
3. S. M. Sze and K. K. Ng, Physics of Semiconductor Devices, Wiley, 2006.
4. S. K. Ghandhi, VLSI Fabrication Principles: Silicon and Gallium Arsenide, Wiley.
5. B. Streetman and S. Banerjee, Solid State Electronic Devices, Pearson.
6. K. S. Novoselov et al., “Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films,” Science, 306, 666–669, 2004.
7. B. Radisavljevic et al., “Single-layer MoS_2 transistors,” Nature Nanotechnology, 6, 147–150, 2011.
8. L. M. Malard et al., “Raman spectroscopy in graphene,” Physics Reports, 473, 51–87, 2009.
9. Protocolos y notas técnicas de los equipos de sala blanca y caracterización disponibles en el laboratorio.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Se recomienda que el estudiante tenga interés por la microelectrónica experimental, la fabricación de dispositivos, la tecnología de semiconductores y el trabajo en laboratorio. No es imprescindible experiencia previa en sala blanca, aunque será conveniente haber cursado asignaturas relacionadas con electrónica física, tecnología electrónica, dispositivos semiconductores o instrumentación.

El trabajo requerirá una actitud rigurosa y ordenada, ya que los procesos de fotolitografía dependen de numerosos parámetros experimentales: limpieza del sustrato, espesor de resina, tiempos de horneado, dosis de exposición, revelado, alineamiento, grabado y metalización. Por ello, será importante documentar cuidadosamente cada etapa del proceso.

El estudiante deberá familiarizarse con normas básicas de seguridad en sala blanca, manipulación de productos químicos, uso de disolventes y operación de equipos. También será recomendable adquirir competencias en análisis de imágenes, tratamiento de datos y representación de curvas eléctricas.

La memoria final deberá incluir una descripción clara del proceso de fabricación, resultados de caracterización estructural y eléctrica, análisis crítico de los problemas encontrados y discusión de la relación entre el procesado tecnológico y el funcionamiento de los dispositivos obtenidos.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: CARLOS MÁRQUEZ GONZÁLEZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: ELECTRÓNICA

Correo electrónico: carlosmg@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos: CARLOS NAVARRO MORAL

Ámbito de conocimiento/Departamento: ELECTRÓNICA

Correo electrónico: carlosnm@ugr.es

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: MIGUEL ANGEL MARTIN CARREÑO

Correo electrónico: miguelangelmc1@correo.ugr.es