



RECONSTRUCCIÓN DE IMÁGENES TOPOGRÁFICAS PARA CARACTERIZACIÓN DE SUPERFICIES MEDIANTE MICROSCOPIA ÓPTICA DE BAJA COHERENCIA

Pablo M. Tabla^{(1)*}, Marcelo D. Sallese⁽¹⁾, Eneas N. Morel^(1,2) y Jorge R. Torga^(1,2)

(1) Laboratorio de optoelectrónica y metrología aplicada (LOMA), Facultad Regional Delta, Universidad Tecnológica Nacional (FRD-UTN), San Martín 1170, B2804GBW, Campana, Buenos Aires, Argentina.

*(2) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
Correo Electrónico: pablotabla@outlook.com*

Se presenta la técnica de microscopía óptica de baja coherencia en el dominio de las frecuencias (OCM-FD) para la obtención de imágenes 3D que permiten reconstruir la topografía de una superficie. La técnica puede ser aplicada sobre distintos materiales y texturas, en áreas de hasta 25x25mm, con una separación entre puntos de 4 μm y distancias en el eje normal al plano de barrido de hasta 2 mm con una resolución de 0.1 μm . Se muestran resultados sobre rugosidad en muestras metálicas, determinación de volumen extraído en muestras metálicas erosionadas y topografías de tintas conductoras impresas sobre cerámica y PET

La microscopía óptica coherente en el dominio de las frecuencias (OCM-FD por sus siglas en inglés) [1] es una técnica de microscopía óptica interferométrica no destructiva. Utiliza una fuente de luz de gran ancho espectral que se enfoca sobre un punto de la muestra para determinar la distancia (rigurosamente la diferencia de camino óptico) entre este punto y una superficie de referencia. El punto puede ser superficial o en una interfase interior de la muestra (transparente o semitransparente). Esto permite realizar topografías [2] y/o tomografías en distintos materiales. El interferómetro de Michelson, es el esquema experimental tradicional para esta técnica, en el cual un haz de luz se divide en dos ramas, una de referencia y la otra de muestra. La superposición de la luz reflejada en ambas ramas genera una señal de interferencia que permite medir la diferencia de camino óptico deseada. Si se conoce el índice de refracción del medio es posible además obtener la distancia entre el punto y la superficie de referencia.

En nuestro caso, como esquema experimental, utilizamos una variante del interferómetro de Michelson. El sistema está montado en fibra, posee una sola rama [3] y utiliza un housing que permite alojar la muestra y al mismo tiempo alojar la superficie de referencia. Esta configuración presenta mejoras en la relación señal/ruido en la señal de interferencia [4].

La figura 1a muestra un esquema del setup empleado, en donde la luz emitida por la fuente viaja a través de las fibras ópticas a y b hasta el cabezal óptico que enfoca el haz sobre el housing. Las reflexiones generadas son acopladas nuevamente por el cabezal y enviadas a través de las fibras b y c a una red de difracción con el objetivo de detectar la señal de interferencia por medio de una cámara.

El housing tiene un esquema como se muestra en la figura 1b. Esta configuración cumple dos funciones, la primera es alojar la muestra que queda solidaria a la base y la segunda es dar una superficie de referencia para determinar la diferencia de camino óptico. Esto se logra fijando en la parte superior una "ventana" de caras paralelas. Para obtener una topografía o tomografía se realiza un barrido de la muestra en el plano xy (figura 1b), utilizando un sistema de translación de dos ejes que mueve el housing, punto a punto, sobre la zona de interés.

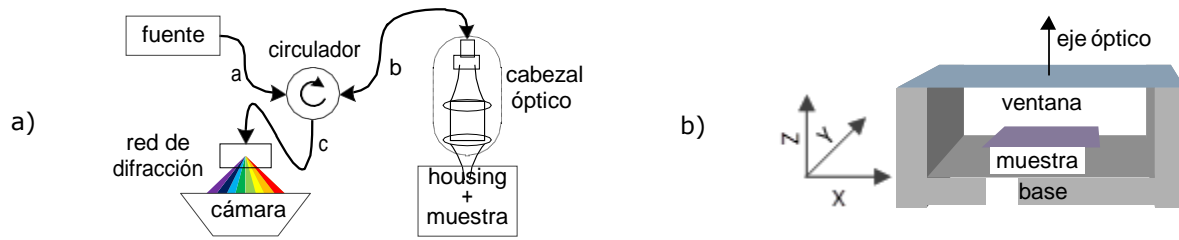


Figura 1: a) Esquema interferométrico en el dominio de la frecuencia, de una sola rama montado en fibra. a, b y c son fibras monomodo. **b)** Esquema de housing en donde se aloja la muestra y se fija una ventana (superficie de referencia).

El mínimo paso de barrido entre dos puntos (limitado por el ancho del spot sobre la muestra) en nuestro esquema experimental es de $4 \mu\text{m}$. La longitud máxima de barrido está determinada por la excursión de los motores, en nuestro caso es 25 mm en cada eje. El rango de medida sobre el eje óptico (z) es de 2 mm, con una resolución axial de $0.1 \mu\text{m}$.

A continuación se muestran resultados sobre diferentes tipos de superficies, variando el área de barrido y la distancia entre puntos. Se pretende mostrar en estos ejemplos la capacidad que tiene la técnica para obtener topografía de superficies en distintos tipos de materiales y en áreas de barrido grandes comparadas con las que se ofrece en sistemas convencionales.

Bloque metálico mecanizado, en este caso se realizaron medidas de rugosidad sobre un bloque metálico con diferentes tipos de mecanizados, se muestran resultados sobre una de sus caras. Para la medición se realiza un barrido lineal (perfilometría) con un paso de paso $5 \mu\text{m}$ y con un largo de 4.8 mm, utilizando un cut-off de 0.8 mm. A partir del análisis de la topografía obtenida se obtiene un valor para el parámetro R_a de $1.38 \mu\text{m}$, 15% superior a la medida adquirida por un rugosímetro certificado (FRP-UTN), donde la muestra fue fabricada.

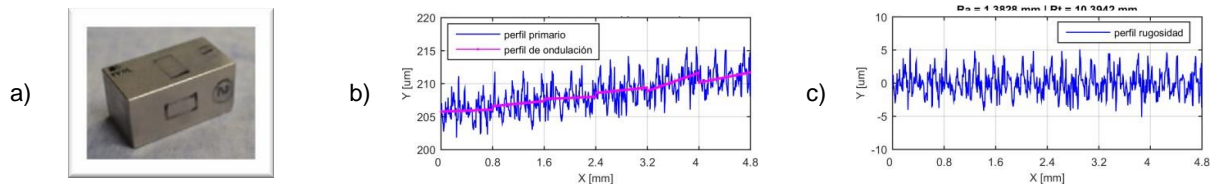


Figura 2: a) Foto del bloque metálico, **b)** el perfil primario, perfil de ondulación y **c)** perfil de rugosidad

Tintas conductoras impresas, en este caso se muestra la posibilidad que ofrece la técnica de realizar topografía de materiales impresos realizados sobre diferentes sustratos. En la figura 3 se presenta la topografía de una muestra donde se utilizó una tinta de grafito sobre un sustrato de polímero (PET), se realizó un barrido de $400 \times 600 \mu\text{m}$ y una distancia de $4 \mu\text{m}$ entre puntos. En la figura 4 se presenta la topografía de una muestra con una tinta a base de plata y un sustrato de cerámica porosa (alúmina), se realizó un barrido de $1.5 \times 6 \text{ mm}$ con una distancia entre puntos de $25 \mu\text{m}$. La fabricación de las muestras estuvo a cargo del CMNB-INTI, utilizando la técnica de serigrafía.

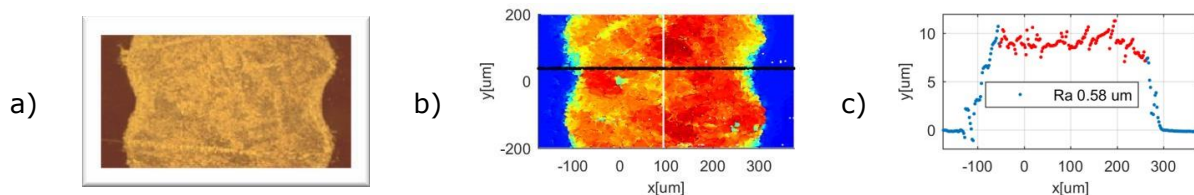


Figura 3: a) Fotografía de tinta de grafito sobre PET, **b)** la vista topográfica de frente y **c)** un perfil de la impresión serigráfica (línea negra de la vista de frente).

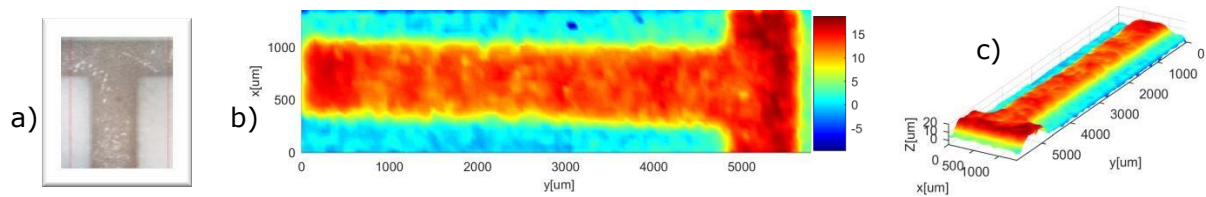


Figura 4. a) Fotografía de tinta de plata sobre cerámica porosa (alúmina), **b)** vista topográfica de frente y **c)** en perspectiva.

Discos metálicos erosionados, en este tercer caso se busca determinar la topografía de la superficie de discos de acero inoxidable (AISI-316L) erosionados por plasma. El objetivo en esta etapa es poder determinar el volumen y la forma de la superficie erosionada. La tomografía se realizó sobre una superficie de 25x25 mm con una separación entre puntos de 0.25mm. La muestra fue preparada por el Grupo de Ingeniería de Superficies (GIS) de FRCU-UTN.

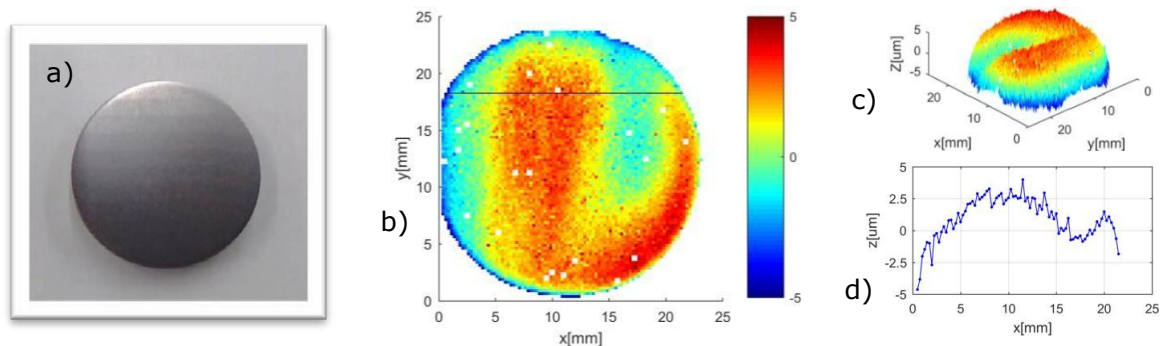


Figura 5. a) Fotografía del disco erosionado de 1" diámetro, **b)** vista topográfica de frente, **c)** en perspectiva y **d)** un perfil del disco (línea negra de la vista de frente)

Conclusión: en este trabajo se presenta un sistema de microscopía óptica de baja coherencia de una sola rama aplicado a la determinación de topografía de superficies en distintos materiales. La técnica propuesta presenta una gran versatilidad tanto en el armado del setup experimental como para la obtención de topografías/tomografías sobre diferentes superficies, posee una resolución axial de $0.1\mu\text{m}$ y una lateral de $4\mu\text{m}$ en áreas de hasta $25\times 25\text{mm}$. En la configuración utilizada varios de los elementos del sistema son de diseño propio buscando la posibilidad de desarrollar un equipo transferible con posibilidades de uso industrial.

Agradecimientos: a CMNB-INTI, FRP-UTN y GIS-FRCU-UTN por la fabricación de muestras.

Referencias

- [1] A.D. Aguirre, C. Zhou, H.C. Lee, O.O. Ahsen, J.G. Fujimoto, Optical Coherence Microscopy. In: Drexler W., Fujimoto J. (eds) Optical Coherence Tomography, 2015, Springer, Cham.
- [2] R. Leach, Optical Measurement of Surface Topography, Springer, 2011, ISBN 978-3-642-12012-1
- [3] A. Vakhtin, D. Kane, W. Wood, and K. Peterson, "Common-path interferometer for frequency-domain optical coherence tomography," Appl. Opt. 42, 6953-6958 (2003).
- [4] E.N. Morel, P.M. Tabla, M. Sallese, J.R. Torga, "Reduction of measurement errors in OCT scanning", 2nd Canterbury Conference on OCT with Emphasis on Broadband Optical Sources, edited by Adrian Podoleanu, Ole Bang, Proceedings of SPIE Vol. 10591 (SPIE, Bellingham, WA, 2018). ISSN: 1605-7422