

## Modelo bi-material para Microscopía Fototérmica Confocal

- Facundo Zaldivar Escola<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Haces Dirigidos - Departamento de física - Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Godoy Cruz 229, Buenos Aires, Argentina

La Microscopía Fototérmica Confocal (MFC) [1] ha sido desarrollada por el grupo y aprovecha las ventajas de toda técnica fototérmica, las cuales permiten obtener propiedades térmicas a nivel local de todo tipo de materiales sin contacto y de manera no destructiva, pero agrega tecnología basada en sistemas de fibra óptica logrando una robustez y sensibilidad únicas. Se utiliza un haz de sensado para la medición de la respuesta de la muestra debido a efectos locales inducidos por el calentamiento con un láser de bombeo modulado (curvatura superficial y cambios en la reflectividad debido al aumento de temperatura). Ambos láseres emergen de una misma fibra óptica y la señal detectada corresponde a la reinyección, en la misma fibra, de la porción del haz de sensado reflejada sobre la superficie. Principalmente, se busca determinar la difusividad térmica local del material, dado que permite exponer un alto contraste entre las fases del mismo y, mediante una microscopía de esta propiedad, se logra obtener información de su homogeneidad y la presencia de aglomerados y poros [2-4]. Mediciones como función de la temperatura permiten el estudio de transformaciones de fase [5]. Adicionalmente, en metales se ha mostrado la correlación entre la inversa de esta propiedad y la dureza [6], mientras que en óxidos mixtos sinterizados utilizados como combustibles nucleares se correlaciona con la concentración del óxido minoritario [3]. Dado que se utilizan potencias bajas ( $\approx 1\mu\text{W}$ ), no se observa degradación o cambios en las muestras. Esto ha permitido el estudio de compuestos poliméricos, lográndose la identificación de la distribución de agregados e incluso la medición del porcentaje de cristalinidad de la matriz polimérica [4]. Dependiendo del material, se deposita una capa delgada ( $\approx 20\text{nm}$ ) de Pt sobre la superficie, para garantizar la absorción del haz de bombeo y la reflexión del haz de sensado. La determinación de la difusividad térmica se realiza a partir de la estimación de la frecuencia crítica para la cual la distancia que difunde el calor en un período de modulación se iguala al tamaño del haz de bombeo. En los estudios previos mencionados, esta estimación se logró a partir del ajuste de la señal fototérmica por los modelos monomaterial descritos en Ref. [1] de fotorreflectancia (cambio de la señal debido a la variación del índice de refracción local) y efecto de curvatura (cambio de la reinyección debido a la curvatura superficial inducida). Estos modelos son únicamente válidos cuando se cumple que el espesor de la capa superficial es mucho menor al tamaño del haz de bombeo y si no se produce difusión lateral en el interior de la capa, de modo que puede asumirse que la energía absorbida del haz de bombeo, es convertida en calor sobre la capa y transferida totalmente a la muestra. Sin embargo, recientes mejoras de resolución espacial del sistema a partir de la reducción del tamaño de los haces, y su extensión al campo de los compuestos poliméricos han ido desplazando la validez de dichos modelos, obligando replanteos que consideren la existencia de la capa superficial con diferentes propiedades ópticas y térmicas. En este trabajo se describen los nuevos modelos fototérmicos desarrollados a partir de la resolución de la ecuación del calor, para la obtención de la distribución de temperatura y curvatura superficial de un sólido compuesto por un sustrato seminfinito, con una capa superficial de ancho variable, el cual es calentado por un haz gaussiano de bombeo normal a la superficie. Se comparan los modelos monomaterial y bi-material para diversos materiales y distintas relaciones de tamaño entre el haz de bombeo y el espesor de la capa. Los resultados permiten identificar los casos donde es crucial el uso de los nuevos modelos para la interpretación de las mediciones con MFC.

### Referencias:

[1] N. Mingolo, O.E. Martínez. J. Appl. Phys. **111**, 123526 (2012).

[2] F. Zaldivar Escola; D. Kunik; O. E. Martínez; R. Kempf; N. Mingolo. Procedia Materials Science **8**,

665 (2015).

[3] F. Zaldivar Escola , R. Kempf, N.Mingolo, O. E. Martínez. Int. J. Thermophys. **37**, 1 (2016).

[4] F. Zaldivar Escola, Polymer Testing. **84**, 106378 (2020).

[5] F. Zaldivar Escola, O. E. Martínez, N. Mingolo. Revista Materia **23**, no. 2 (2018).

[6] U. Crossa Archiopoli, N. Mingolo, O. E. Martínez. Surf. Coat. Technol. **205**, 3087 (2011).