

Herramienta para la simulación de problemas termo-ópticos tridimensionales y paramétricos

- Luis Emiliano Jan,¹ Facundo Zaldivar Escola,^{1,2,3} Nélida Mingolo¹

¹Laboratorio de Haces Dirigidos - Departamento de física - Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería

²CONICET

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Se presenta la implementación de un sistema numérico capaz de resolver problemas térmicos y ópticos en una gran variedad de condiciones de simulación en forma paramétrica.

Las funcionalidades pueden dividirse en dos simuladores interrelacionados. Uno resuelve la ecuación del calor para el problema térmico, mientras que el otro las integrales de Fresnel para el problema óptico. Ambos se encuentran descritos íntegramente en tres dimensiones.

El simulador óptico presenta una variedad de fuentes, superficies y elementos ópticos paramétricos que permite propagar, mediante algoritmos optimizados para la reducción de tiempos de cómputo, el campo eléctrico escalar resolviendo las integrales de Rayleigh-Sommerfield o Fresnel dependiendo de las condiciones ópticas.

El simulador térmico presenta una gran cantidad de operadores y acciones paramétricas con las cuales se define la simulación. La misma resuelve un cuerpo octaédrico con propiedades térmicas y ópticas heterogéneas en cada nodo. La discretización puede definirse en cada dimensión en forma independiente. Los diferentes forzantes, tanto de Dirichlet como de Von Newman, pueden agregarse dependiendo del propósito de la simulación y pueden ser dependientes del tiempo y/o la posición.

Al iniciar la simulación el motor térmico toma todos los forzantes, las configuraciones del material, etc. y resuelve los perfiles térmicos, los cuales pueden ser enlazados con el simulador óptico para estudiar efectos fototérmicos. El cálculo se encuentra optimizado para la ejecución en múltiples procesadores o GPU dependiendo de las configuraciones establecidas. También se disponen optimizaciones específicas para el almacenamiento de datos en RAM, conservando únicamente la información que será utilizada.

El simulador termo-óptico fue desarrollado empleando la tecnología .NET la cual presenta buena performance en el cálculo de operaciones. Se han incluido interfaces gráficas embebidas para la visualización de los diferentes fenómenos simulados, y la capacidad de exportar los resultados para ser incorporados en otros lenguajes tales como Matlab y Python.

Este desarrollo ha sido ampliamente validado a partir de la contrastación de sus resultados con modelos analíticos de interés entre los que se destacan, el problema transitorio de una barra finita con condiciones de Dirichlet en sus extremos, la conservación de energía térmica en materiales heterogéneos y la recreación numérica de la técnica de caracterización de superficies por sensado de propiedades térmicas locales, denominada Microscopía Fototérmica Confocal (MFC)[1] la cual fue desarrollada por el grupo. Esta técnica se basa en el calentamiento local de una muestra mediante un haz láser gaussiano circular modulado en potencia, denominado haz de bombeo. Un segundo haz con diferente longitud de onda incide colinealmente al haz de bombeo en la superficie, y es reflejado por ésta. El frente de onda reflejado presenta información de la curvatura del material debida a la dilatación termo-elástica sub-nanométrica de la misma. El haz reflejado se propaga por los diferentes elementos ópticos hasta reinyectarse parcialmente en una fibra óptica. Todo el proceso se logró simular obteniendo resultados consistentes con mediciones de laboratorio realizadas con la técnica de MFC y con los modelos teóricos propuestos en [1], que describen la respuesta de la señal adquirida por dicha técnica como función de las propiedades térmicas del material.

Los casos presentados son sólo una muestra de la funcionalidad del simulador desarrollado, pero no son un límite de sus capacidades. La versatilidad para la elección de las propiedades térmicas y ópticas de cada nodo, las condiciones de borde, forzantes y la posibilidad de incluir una gran variedad de componentes ópticos, lo hacen una herramienta poderosa para la simulación de un sinnúmero de problemas termo-ópticos tanto de interés académico como tecnológico e industrial.

Referencias:

[1] N. Mingolo, O.E. Martínez, *Focus Shift photothermal method for thermal diffusivity mapping*, J. Appl. Phys. **111**, 123526 (2012).