

HOLOGRAFÍA DIGITAL PULSADA APLICADA A LA DETECCIÓN DE IN-HOMOGENEIDADES EN MATERIALES SEMI-SÓLIDOS

María del Socorro Hernández-Montes, Fernando Mendoza Santoyo, Carlos Pérez-López.

Centro de Investigaciones en Óptica, A.C., Lomas del Bosque 115, León, Guanajuato, México 37150
mhernandez@cio.mx

RESUMEN

Las técnicas ópticas no invasivas como la Holografía Digital Pulsada han tenido un papel muy importante en la detección de defectos en materiales, principalmente sólidos. Actualmente esta técnica ha extendido su campo de aplicación, como lo es en cuestiones médicas. Una aplicación biomédica que estamos investigando consiste en detectar tejido biológico de diferentes tamaños y en diferentes posiciones dentro de materiales semi-sólidos de distintos tamaños y en diferentes posiciones.

El trabajo muestra la viabilidad de la holografía digital pulsada para que en un tiempo cercano pueda ser aplicada en órganos vivos, principalmente la glándula mamaria.

1. INTRODUCCION

El cáncer en senos es una de las enfermedades con mayor porcentaje de incidencia que afecta a las mujeres hoy en día. Con el propósito de aportar una nueva alternativa que permita detectar este problema aplicamos técnicas ópticas no-invasivas para detectar in-homogeneidades. En metrología las técnicas de **ESPI** (Electronic Speckle Pattern Interferometry) y Holografía Digital Pulsada (**HDP**)¹ han sido aplicadas en su mayoría al estudio de objetos sólidos y rígidos cuyo objetivo de investigación en general ha sido la de medir objetos sometidos a vibraciones y en general a deformaciones sobre la superficie del objeto sólido, de tal manera que este trabajo amplía el campo de aplicación de las técnicas mencionadas en cuestiones médicas². Con estas técnicas detectamos las in-homogeneidades en un modelo ad-hoc que simula la glándula mamaria, cuyas características físicas y químicas difieren de aquellos objetos sólidos, como por ejemplo su densidad y consistencia. Tomando en cuenta la constitución de la glándula mamaria en este trabajo hemos llevado a cabo los experimentos, con tejido adiposo, tejido canceroso, fibroadenomas y esferas de vidrio como incrustaciones en nuestro modelo ad-hoc, con el fin de encontrar algunas diferencias en el patrón de fase desenvuelta y de esta manera tener características específicas correspondientes a cada tejido que permitan lograr su identificación. Demostramos que las técnicas ópticas no-invasivas como la Holografía Digital Pulsada, representan una alternativa viable para la detección de estos tejidos. Así obtuvimos un holograma digital del modelo en una posición 1 arbitraria; tomamos un segundo holograma después de haber modificado el modelo capturando una nueva imagen. El objetivo de tener dos imágenes es que nos permite comparar un estado inicial y un estado final del modelo, ya deformado debido a algún tipo de excitación. Una vez obtenidos estos dos hologramas digitales se realiza la substracción digital de ambos, con el resultado de un holograma digital que tiene franjas que corresponden a las diferencias o variaciones de camino óptico en las dos posiciones del modelo bajo estudio. Mediante el procesamiento de estas imágenes obtenemos la fase desenvuelta que nos muestra información contundente de la existencia de alguna in-homogeneidad, si ese es el caso. Lo anterior debido a que la fase óptica nos permite tener información del cambio que ha sufrido el modelo entre la toma de los dos hologramas digitales. Como medio de excitación de nuestro modelo ad-hoc empleamos ondas sonoras en el rango de 44 Hz a 810 Hz y un impulso transitorio³.

2. METODO EXPERIMENTAL

Usamos el láser pulsado Nd:YAG de cavidad gemela, con longitud de onda de $\lambda=532$ nm, como fuente de luz, con pulsos de duración de 15 ns a una repetición de 60 Hz, en combinación con estímulos acústicos y un circuito

electrónico para registrar y congelar la propagación de la onda sonora y observar la modificación del comportamiento de las franjas al encontrarse con alguna in-homogeneidad.

Con esta técnica llevamos a cabo una serie de experimentos como detección de in-homogeneidades de diferentes tamaños, diferentes posiciones (rotación del modelo), diversos tipos de incrustación, y dos modos de excitación (sonido, impulso transitorio) en diferentes frecuencias y tiempos. Estos experimentos nos permitieron demostrar la factibilidad de uso de la técnica para detección de in-homogeneidades dentro del modelo, además de que nos permite detectar tejidos reales. En la figura 1 un haz de luz coherente del láser Nd-YAG es dividido en dos por medio de un divisor de haz: Una haz objeto se recombina con el haz de referencia, produciendo la interferencia que contiene la información de la fase como variaciones de la intensidad registrada en el sensor de la cámara (CCD). El haz de referencia se dirige hacia el sensor de la CCD, vía fibra óptica, con un pequeño ángulo compensación en relación al haz del objeto. Un patrón de micro-interferencia (franjas portadoras) se forman cuando el haz del objeto interfiere con el haz de referencia. Una abertura en la lente sirve para limitar las frecuencias espaciales de este patrón de interferencia.

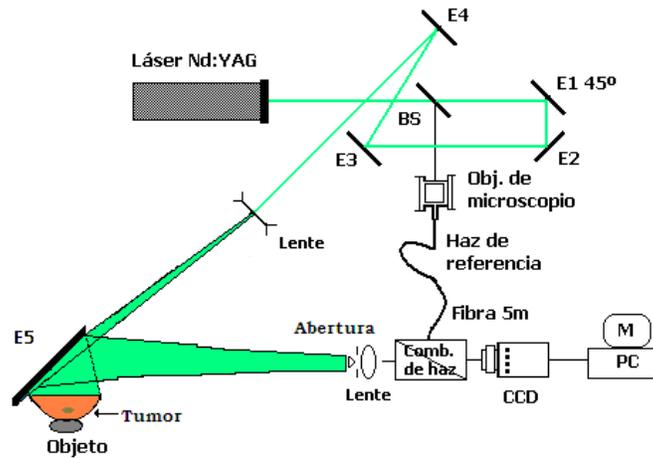


Fig. 1. Arreglo experimental

3. RESULTADOS

La figura 2(a,b) muestran los mapas de fase desenvueltos para el modo de resonancia a 810 Hz de la superficie del modelo, donde vemos claramente la diferencia cuando no existe in-homogeneidad y cuando esta presente³.

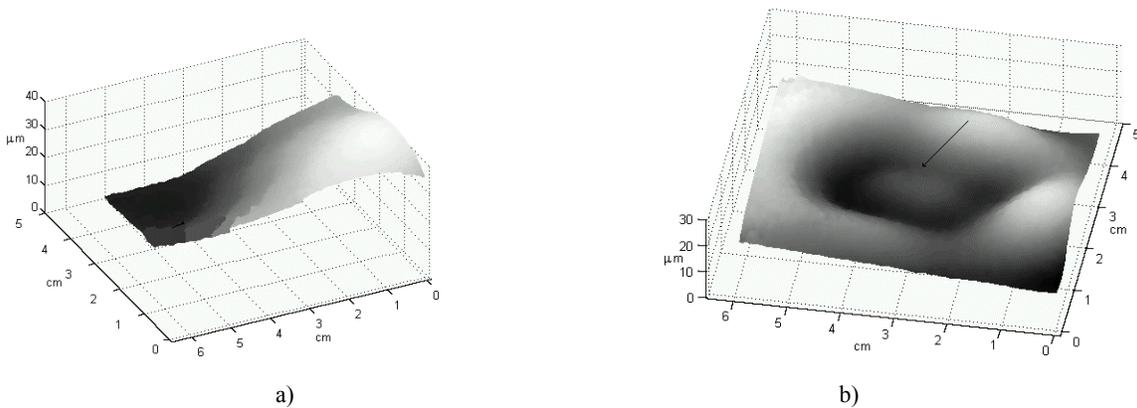


Fig. 2. Mapas de fase desenvueltos para el modo de resonancia a 810 Hz a) sin in-homogeneidad, b) con in-homogeneidad.

La figura 3(a), muestra el modo de resonancia a 44 Hz, y la figura 3(b) muestra claramente como el mapa de fase envuelto se ve modificado precisamente en el lugar de la in-homogeneidad (tumor cancerígeno)³.

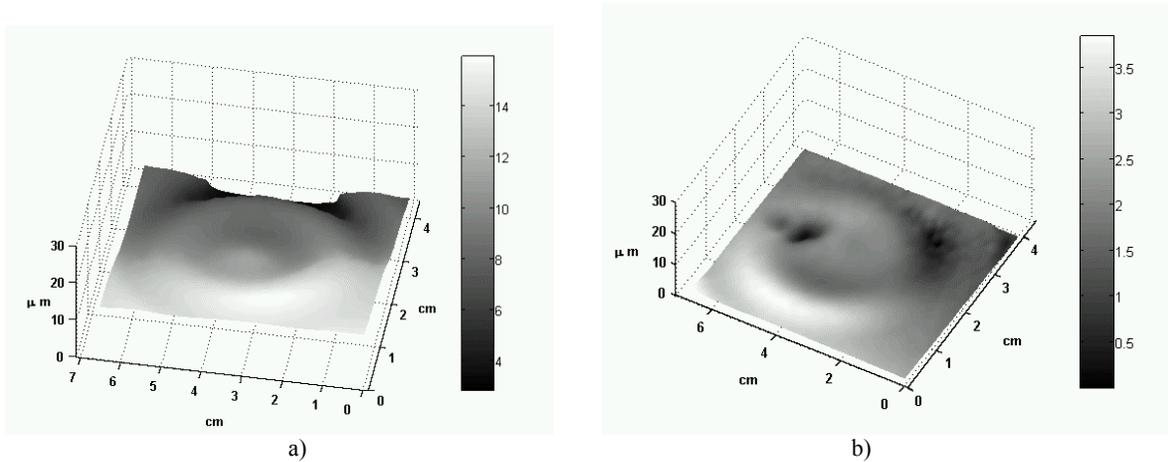


Fig. 3. Mapas de fase desenvueltos a 44 hz a) sin in-homogeneidad, b) con in-homogeneidad.

4. CONCLUSIONES

Demostramos que mediante la técnica no invasiva de Holografía Digital Pulsada es posible detectar inhomogeneidades en un objeto “modelo” ad-hoc que simula la glándula mamaria, haciendo probable la aplicación de la técnica en medicina. Demostramos que la Holografía Digital Pulsada es un método factible para medir la propagación de campos transitorios acústicos en materiales orgánicos. Aprovechando que la técnica de holografía digital presenta alta resolución, logramos detectar cambios en las ondas mecánicas de 10 micrómetros. Mostramos que los tejidos biológicos son sensibles a señales sonoras y al impulso transitorio que empleamos como estímulo. Esta técnica es útil para detectar fibroadenomas, tejido canceroso, y tejido graso. Las ondas acústicas nos proporcionaron información sobre el diagnóstico en la detección de in-homogeneidades transmitiendo información desde el interior del modelo hasta la superficie de este. A diferencia de otras técnicas, como el ultrasonido, que emplea el sonido para la detección, nosotros lo usamos como estímulo para excitar el objeto.

REFERENCIAS

1. F. Mendoza Santoyo, G. Pedrini, Ph. Fröning, H.J. Tiziani, y P.H. Kulla, “Comparison of double-pulse digital holography and HPFEM measurements,” *Op. Lasers Eng.* **32**, pp. 529-536 (1999)
2. H. Hong, D. Sheffer, and W. Loughry, “Detection of breast lesions by holographic interferometry,” *J. Biomed. Opt.* **4**, pp. 368-375 (1999).
3. Socorro Hernández Montes, C. Pérez-López, F.Mendoza Santoyo, “Detection of biological tissue in gels using pulsed digital holography,” *Opt. Express.* **12**, pp. 553-858 (2004)