

## Estudio de parámetros térmicos en dispositivos electrónicos mediante interferometría electrónica de patrones de moteado

LÓPEZ, Yadira\*†, PEÑA, Gerardo, CASILLAS, Francisco y RODRIGUEZ, Martín

Recibido Febrero 5, 2016; Aceptado Marzo 31, 2016

### Resumen

El uso de técnicas no destructivas para la estimación de variables físicas y la caracterización de materiales han permitido analizar la respuesta estructural que sufre un elemento de estudio cuando experimenta una fuerza externa [1], tal es el caso del método óptico, ESPI (Electronic Speckle Pattern Interferometry), que permite la detección de cambios estructurales de un objeto por medio de un sistema de adquisición y procesamiento de imágenes basado en una proyección de luz coherente sobre la superficie del material a analizar para dos estados de deformación [2]. En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos en el análisis de los parámetros mostrados en un termistor NTC (resistencia de coeficiente de temperatura negativo) y su correlación con el método ESPI. Aunque los resultados mostrados no son definitivos, se puede observar que las técnicas ópticas presentan propiedades adicionales en el estudio de desplazamientos y deformaciones en materiales y que su correlación con las técnicas convencionales permiten la caracterización y estudio de eventos temporales, siendo un complemento en las pruebas eléctricas de estos y otros dispositivos.

**Interferometría electrónica de patrón de moteado, resistencia térmica, semiconductor**

### Abstract

The use of non-destructive methods for the estimation of physical variables in the characterization of materials has allowed the analysis of response when an object under study undergoes an external excitation force [1]. As the ESPI (Electronic Speckle Pattern Interferometry), which detect the structural changes of an object using an acquisition system and processing image; it's base don a projection of coherent light on the surface of the material and analyzed two states of deformation [2]. In this work we report the results obtained in the analysis of the parameters of the termistor (resistor negative temperatura coefficient) and it's correlation with ESPI. Although the results show are not definitive, it can be see that the optical techniques presents important characteristics about the study and correlation with the conventional techniques, allow the study in the temporary events, it to be an add electrical testing these and other devices.

**Electronic Speckle Pattern Interferometry, thermal resistor, semiconductor**

**Citación:** LÓPEZ, Yadira, PEÑA, Gerardo, CASILLAS, Francisco y RODRIGUEZ, Martín. Estudio de parámetros térmicos en dispositivos electrónicos mediante interferometría electrónica de patrones de moteado. Revista de Energía Química y Física 2016, 3-6: 47-51.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: yadira.lopez@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

El patrón de moteado es un fenómeno que se produce cuando la luz coherente se propaga a través de la superficie de un medio, cada punto obscuro y brillante representa la distribución de la luz en la superficie, está basado en el principio de Huygens que enuncia que cada punto en un frente de onda provee un tren de ondas esféricas que después de cierto tiempo estará formado por la envolvente del tren de pulsos [3], cada uno con una velocidad y frecuencia características; cuando estos frentes de onda presentan cambios en el camino óptico introducidos en el medio difusor permite desarrollar análisis interferométricos tales como micro-desplazamientos, esfuerzos, dilataciones térmicas, rugosidad en superficies, entre otros[4,5], los métodos interferométricos utilizan el patrón de moteado generado antes y después del cambio en el camino óptico, tal es el caso de la interferometría de patrón de moteado, herramienta de la metrología óptica que permite obtener los cambios producidos en un objeto por la acción de una fuerza; esta técnica emplea una fuente de luz coherente que junto con la detección, registro y tratamiento de los datos, permite obtener las características ópticas del material analizado mediante la captura de franjas interferométricas formadas por la superposición de frentes de onda [5].

En general se considera que la interferencia producida por la superposición de dos campos con amplitudes complejas  $A_1$  y  $A_2$ , con intensidades  $I_1$  e  $I_2$ , respectivamente, el resultado de la intensidad  $I$  en un punto determinado está dado por:

$$I = |A_1 + A_2|^2 \quad (1)$$

$$I = |A_1|^2 + |A_2|^2 + A_1 A_2^* + A_1^* A_2 \quad (2)$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\phi_1 - \phi_2) \quad (3)$$

Donde  $\phi_1$  y  $\phi_2$  representan las fases de las amplitudes complejas, en la interferometría las intensidades y las fases cambian en el espacio y el tiempo, los cambios en el argumento  $\cos(\phi_1 - \phi_2)$ , representan los cambios de fase en el dispositivo y estos, son los que producen las franjas interferométricas.

Estos cambios presentados en el argumento coseno de la ecuación (3), están directamente relacionados con las perturbaciones en el camino óptico del sistema. Para el caso de un sistema térmico la medición de la variación de la temperatura en un sistema exponencial, puede ser representada mediante la expresión [6]

$$R = R_0 e^{-B(\Delta T)} \quad (4)$$

Dado que la medición de la temperatura está basada en el monitoreo de la diferencia del camino óptico; entonces, la diferencia de fase estará representada mediante:

$$\Delta\phi(\Delta T) = \beta L \quad (5)$$

De la ecuación (5),  $\beta$  representa la constante de propagación del medio y  $L$  las características propias del medio que se está estudiando.

$$\Delta\phi(\Delta T) = \frac{2\pi}{\lambda} B \Delta T A \quad (6)$$

Donde  $\Delta T$  representa los cambios de temperatura a través del tiempo  $\Delta T = \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)$ ,  $B$  representa la temperatura característica del material y  $A$  el área del elemento de estudio en función de  $x$ ,  $y$ .

El presente trabajo muestra los resultados obtenidos en el estudio de los cambios de fase originados por el cambio de temperatura en pruebas de un termistor, mediante la técnica de interferometría de patrón de moteado, se realizó una comparativa entre los cambios de resistencia que presenta el termistor y su correlación con el desplazamiento de las intensidades de los patrones de moteado obtenidos en cada uno de los frentes de onda.

## Desarrollo

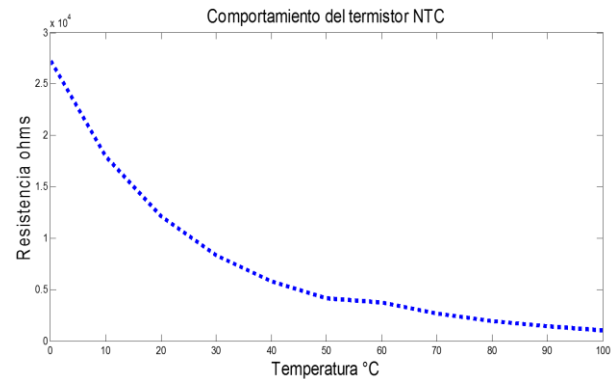
Para la obtención de las de los patrones de moteado se empleó un sistema de luz coherente donde el cambio de fase en el sistema térmico exponencial modifico uno de los frentes de onda produciendo las franjas de interferencia características, para el procesamiento de las imágenes de utilizo el software Matlab. El comportamiento del termistor fue estudiando mediante la ecuación (4, se consideró su valor resistivo alrededor de los  $30\text{k}\Omega$ , de donde se obtuvo el valor de B y  $R_0$ .

## Resultados

La tabla 1 muestra los valores resistivos del termistor.

Temperatura °C	R en $\Omega$
To	27280
To+10	17960
To+20	12090
To+30	8313
To+40	5828
To+50	4161
To+60	3766
To+70	2707
To+80	1946
To+90	1399
To+100	1006

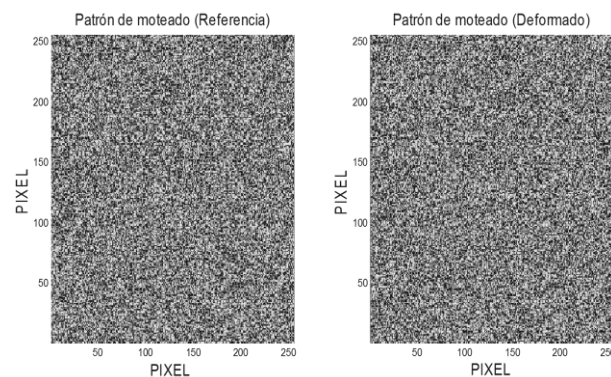
**Tabla 1** Valores resistivos del termistor



**Gráfico 1** Comportamiento del termistor

El Gráfico 1, muestra el comportamiento del termistor, este corresponde a una función exponencial negativa y a un termistor NTC, como es bien conocido, en la gráfica se puede observar que a menor temperatura, la resistencia del termistor es máxima.

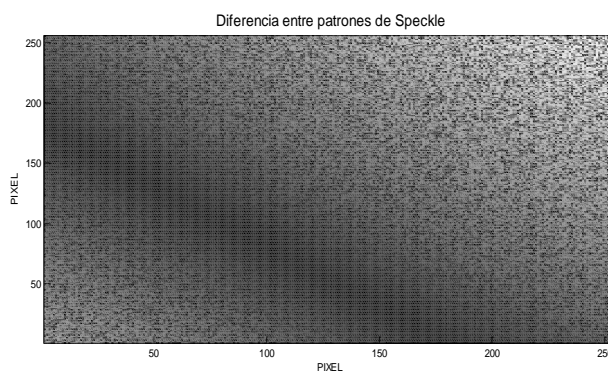
Para la obtención de las franjas interferométricas, se analizó el sistema mediante una diferencia de fase con características exponenciales; el rango de las temperaturas se consideró de  $0^\circ\text{C}$ , hasta  $100^\circ\text{C}$ , como muestra la tabla 1. Por su parte, el Gráfico 2, muestra los patrones de moteado de referencia y el patrón de moteado con una diferencia de fase característica del sistema.



**Gráfico 2** Patrones de moteado de referencia y cambio de fase

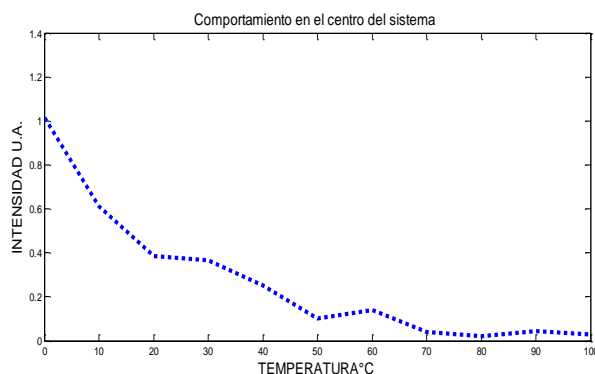
Estos patrones de moteado describen los frentes de onda del sistema de luz coherente, presentan diferencias en la distribución de la intensidad, estos patrones de moteado son característicos de la fase; de donde, a partir de estos patrones de moteado es posible obtener las franjas características del sistema de estudio.

El gráfico 3 muestra la diferencia entre los patrones de moteado del sistema estudiado, para el análisis del sistema interferométrico se simuló la deformación dentro del rango descrito de temperaturas (0 a 100°C).

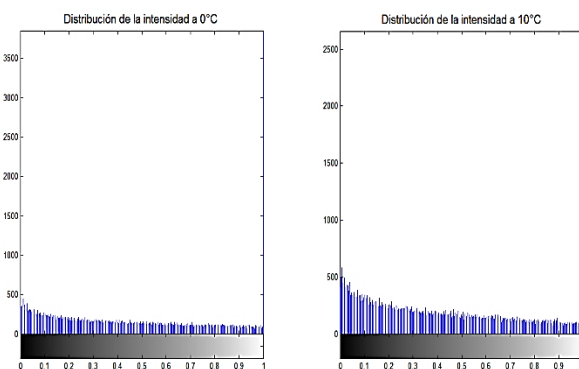


**Gráfico 3** Franja de interferencia resultante de los patrones de moteado entre cada uno de los frentes de onda

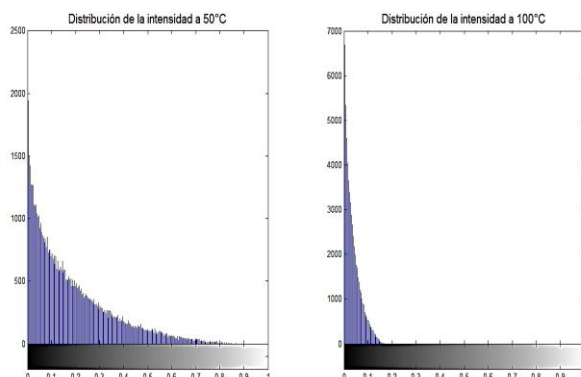
Se analizó el patrón de franjas característico en el centro del sistema, con coordenadas (126,126), su comportamiento se muestra en el gráfico 4, se puede observar que la intensidad de la sección del sistema analizado muestra un comportamiento similar al del modelado del termistor, de donde se pueden inferir los cambios en el dispositivo analizado, por su parte, los gráficos 5,6, muestran la distribución de la intensidad de los frentes de onda para 0, 10, 50 y 100 grados centígrados, el análisis de las distribuciones fueron elegidas considerando los cambios iniciales, centrales y finales en el dispositivo.



**Gráfico 4** Comportamiento del patrón de franjas en el centro del sistema



**Gráfico 5** Distribución de la intensidad de las franjas de interferencia generadas de 0 y 10 grados centígrados



**Gráfico 6** Distribución de la intensidad de las franjas de interferencia generadas de 50 y 100 grados centígrados

## Conclusiones

Con los resultados mostrados se puede decir que la intensidad de los frentes de onda es dependiente de los cambios en el sistema analizado, también, que la sección del elemento que es estudiado muestra un comportamiento similar al modelo térmico; permitiendo correlacionar el comportamiento de dispositivos electrónicos con los diferentes sistemas interferométrico; adicional a esto es las técnicas ópticas permiten el estudio de diferentes sistemas, en tiempo real y aportan un sustento adicional a las técnicas convencionales.

Los resultados aquí mostrados dan pauta a la realización de pruebas ópticas con diferentes dispositivos electrónicos, para complementar el estudio del comportamiento de estos y otros dispositivos.

## Referencias

[1] Y.H. Huang, S.P. Ng, L. Liu, C.L. Li, Y.S. Chen, Y.Y. Hung, NDT&E using shearography with impulsive thermal stressing and clustering phase extraction, *Optics and Lasers in Engineering* 47 (2009) 774–781.

[2] Y.Y. Hung, H.P. Hob, Shearography: An optical measurement technique and applications, *Materials Science and Engineering R* 49 (2005) 61–87.

[3] Hecht, Eugene, *Óptica*, Adisson Wesley Iberoamericana, Madrid 2000, ISBN: 978-84-7829-025-3.

[4] L. Rodriguez Cobo, M. Lomer, C. Galindez and J.M. Lopez Higuera, POF vibration sensorbased on speckle pattern changes, *SPIE*, Vol. 8421, 84212Y-1.

[5] Pramod K. Rastogi, *Digital speckle pattern interferometry and related techniques*, Wiley 2001, ISBN: 0471490520, 97800471490524.

[6] Reinaldo A. Mancini, *Modelling of phase transformations during cooling of steels, application of stelmor type processes*, *Información Tecnológica*, Vol. 6, 5, 1995.