

Nuevo Método Interferométrico para la Medida de Microvibraciones

M. LOMER, I. GONZALES HOYOS, J.M. LOPEZ-HIGUERA, J.L. ARCE.
Universidad de Cantabria. Departamento de Electrónica-Grupo de Ingeniería Fotónica
Av. de los Castros s/n, 39005 Santander. Tel. 942-201495, Fax. 942-201402

Número 186, AREA: B2

Abstract

A novel optical interferometer for the measurement of vibration is described. It is well known that interferometric techniques offer large dynamic range coupled with high resolution when applied to the measurement of varying optical path length. Experimental results obtained in the laboratory are shown.

1. Introducción

La técnica interferométrica, utilizada en la metrología dimensional, ofrece resultados muy sensibles, además tiene una buena dinámica de funcionamiento. Esta técnica es muy utilizada en las mediciones de velocidad, aceleración, temperatura, vibración, etc.

En el presente documento se presenta un nuevo método interferométrico para la medida de microvibraciones basándose en la interferencia de dos ondas coherentes provenientes de una misma fuente. La magnitud a medir es asociada a uno de los brazos del interferómetro, desplazándose en la dirección de la distancia de separación de los haces, de esta manera se altera el campo de interferencia de las ondas, produciéndose un desplazamiento de las franjas. Este desplazamiento puede ser detectado por un contador de franjas que a su vez es asociado a la magnitud a medir, que en este caso representa la vibración.

2. Bases teóricas

El método estudiado se puede interpretar a partir de las características y propiedades de dos ondas planas coherentes cuyos respectivos campos eléctricos se pueden escribir^[1]:

$$\vec{E}_1 = E_{01} \cdot e^{j(\omega t + \varphi_1(t))} \quad \text{y} \quad \vec{E}_2 = E_{02} \cdot e^{j(\omega t + \varphi_2(t))} \quad (1)$$

donde $E_{01,02}$ es el término representativo de la amplitud, ω es la pulsación de la onda y vale $2\pi/T$, $\varphi_{1,2}(t)$ es la fase de cada onda y $\varphi(t)$ es el desfase entre ellas. La onda

resultante en un punto r del espacio está dado por: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ y la intensidad correspondiente por: $I = \vec{E} \cdot \vec{E}^*$. Esta última da lugar a:

$$I = I_1 + I_2 + \sqrt{I_1 I_2} (e^{j\varphi(t)} + e^{-j\varphi(t)}) \quad (2)$$

que en el caso que: $I_1 = I_2 = I_0$, se puede escribir:

$$I = 2 I_0 [1 + \cos \varphi(t)] \quad (3)$$

La variación de la intensidad δI está ligado a la variación de fase $\delta\varphi$ por:

$$\delta I = 2 I_0 \sin \varphi(t) \cdot \delta\varphi(t) \quad (4)$$

Se observa fácilmente que la máxima sensibilidad se obtendrá cuando el $\sin \delta\varphi(t) \approx 1$, es decir cuando los dos brazos del interferómetro estean en cuadratura. En el caso que se desee utilizar la modulación de fase, como parámetro intermedio de medida, se deberá integrar luego un elemento desfasador en uno de los brazos del interferómetro.

Como las franjas de interferencias están compuestas de franjas brillantes y franjas opacas, una manera muy fácil de detectarlas es ubicar un detector de intensidad en el plano de interferencia, es decir utilizar el principio de la modulación de intensidad. Es este último método que será utilizado en nuestro caso.

3. Realización experimental

El modo de funcionamiento del sensor propuesto es bastante clásico. En efecto, el esquema de principio, mostrado en la figura 1, muestra que el haz láser de la fuente es dividido en dos partes iguales utilizando una red de difracción, que trabaja en transmisión; la ubicación de los espejos M_1 M_2 , permiten desviar los órdenes ± 1 producidos por la red y producir la interferencia en el punto Q del plano P . Si los espejos M_1 y M_2 permanecen fijos, la figura de interferencia formada quedará también inmovil. En cambio, un desplazamiento de uno de los espejos, en el sentido de las distancias de separación entre ellos, provocará un desplazamiento de las franjas de interferencia. El detector, ubicado en Q tiene la función de medir la intensidad de las franjas. Para facilitar las medidas, se ha ubicado este detector en el lugar de la pantalla, donde las franjas son ampliadas y proyectadas a través de un objetivo de microscopio en Q .

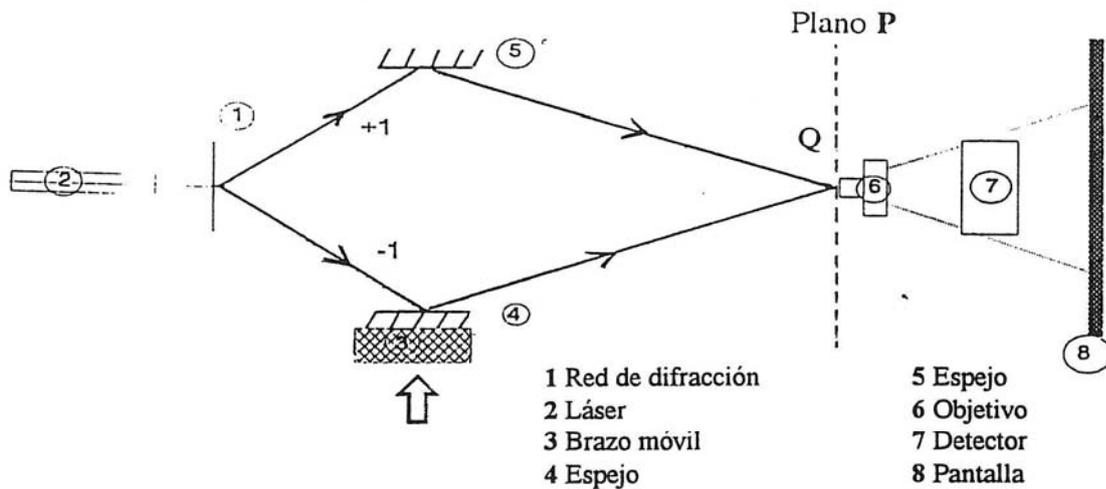


Figura 1. Montaje óptico

El periodo Λ de las franjas de interferencia, es función del ángulo θ que hacen los haces, la longitud de onda λ_0 y del índice n del medio, ésta se escribe por [2]:

$$\Lambda = \frac{\lambda_0}{2 n \sin \theta} \quad (5)$$

Como las franjas de interferencias presentan máximos y mínimos de intensidad luminosa, un periodo Λ contendrá, entonces, una magnitud representativa a medir en el caso de una vibración mecánica en el sentido de la separación de los brazos. En este caso el periodo siempre será constante. Si se ajusta, ahora, un periodo de franja que cubra toda la superficie del detector, el desplazamiento de un periodo será registrado. De esto último se puede deducir que el sistema es capaz de medir un desplazamiento de $\Lambda/2$. Un ejemplo numérico para los siguientes valores: $\theta = 40^\circ$, $\lambda_0 = 0.6328 \mu\text{m}$ y $n = 1$, nos da: $\Lambda = 0.6 \mu\text{m}$. En el lugar del detector se puede ubicar, así mismo, un contador de franjas, que en este caso dará el valor absoluto de la magnitud.

4. Resultados experimentales

Las medidas realizadas, a partir del montaje descrito en la figura 1, han permitido discernir la relación que existe entre el desplazamiento de las franjas y la magnitud desplazada por el brazo móvil (elemento representativo de la vibración). Un estudio de la figura de interferencia ha sido realizado midiendo la intensidad luminosa en la pantalla. Los resultados para un barrido en la dirección paralela al plano P es mostrada en la figura 2, en el caso de un barrido angular es mostrado en la figura 3. De este último resultado se pueden deducir, con bastante nitidez, los máximos y mínimos de las franjas realizados a lo largo de más de 50 periodos, lo que confiere a la técnica un rango dinámico importante.

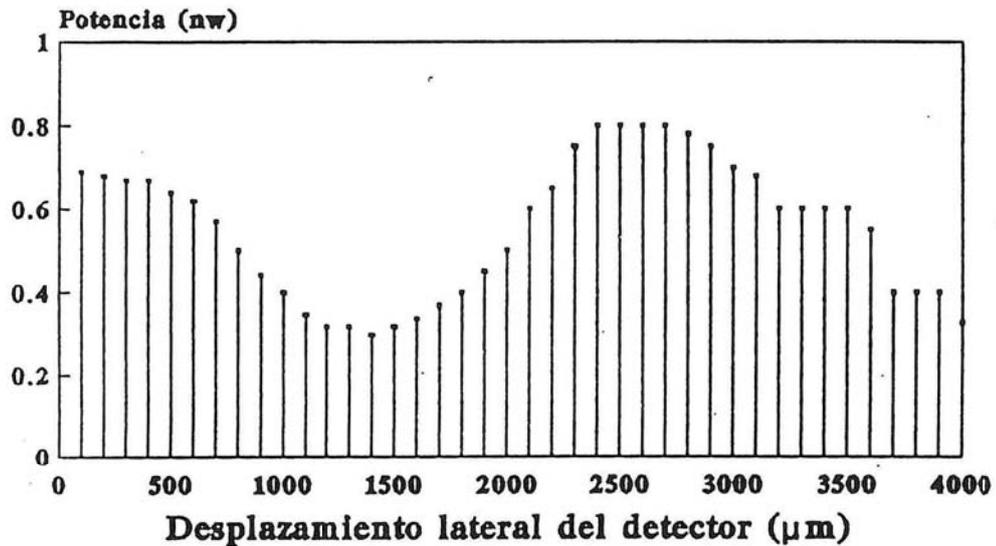


Figura 2.

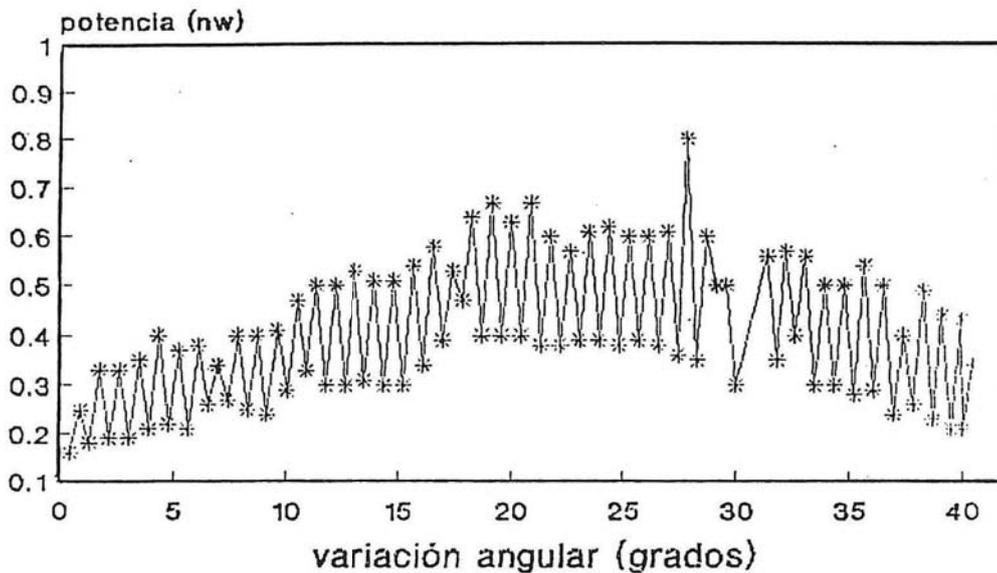


Figura 3.

5. Conclusión

Se ha presentado un nuevo método interferométrico para la medida de microvibraciones. De los resultados aún preliminares, se pueden concluir que es posible medir desplazamientos micrométricos a través de la medida del número de franjas que se desplazan. Para medir el sentido de desplazamiento se realizará añadiendo una segunda red de difracción de periodo variable.

REFERENCIAS

- [1] M. Born and E. Wolf. "Principles of Optics", Pergamon Press, Oxford, 1970
- [2] B. Curshaw. "Optical fiber sensing and signal processing", Peter Peregrinus, 1984.

Este trabajo ha sido soportado por la CICYT, gracias al proyecto TIC92-0052-CO2, a la que los autores muestran su agradecimiento.