

Interferómetro de dos superficies planas reflectoras

A. JARAMILLO N. Y E. MARTÍ PANAMEÑO*

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Apartado postal 51, 72000 Puebla, Pue., México

Recibido el 7 de octubre de 1991; aceptado el 5 de marzo de 1992

RESUMEN. Se presenta un estudio teórico, describiendo una posible aplicación de un interferómetro que utiliza dos espejos planos paralelos entre sí. Para el análisis se considera que los dos espejos no están paralelos, y por tanto es posible conocer el valor y el sentido del ángulo por el cual están fuera del paralelismo ambos espejos, con sólo medir el desplazamiento que tiene la franja de orden cero con respecto al eje óptico.

ABSTRACT. A theoretical analysis is presented about a possible application of an interferometer that uses two flat mirrors parallel to each other. For the application, it is considered that the mirrors are not parallel among them; therefore the angle between the mirrors can be found by observing the shift of the interference fringe of order zero.

PACS: 42.10.Jd

1. INTRODUCCIÓN

Los métodos interferométricos tienen una amplia variedad de aplicaciones debido a su gran sensibilidad ya que es posible hacer mediciones con una precisión de hasta un milésimo de franja [1], aunque para lograrlo es necesario tener instrumentos de medición con una alta precisión y un medio ambiente bastante estable.

Cuando se requiere hacer una medición, se elige primero una referencia y a partir de ésta se realiza aquélla. Las referencias en los métodos interferométricos pueden ser: franjas de mayor intensidad, franjas de cierto orden, etc. En este trabajo se utiliza la franja de orden cero como referencia.

En la siguiente sección se analiza la aplicación del interferómetro y por último se hacen algunos comentarios acerca de la importancia de tal aplicación.

2. INTERFERÓMETRO CON ESPEJOS PLANOS NO PARALELOS

El esquema del que se parte es el que muestra la Fig. 1. Esta figura muestra el interferómetro cuando los espejos planos están paralelos. Para este caso particular se tienen los siguientes resultados [3]:

$$a = 2b, \quad (1)$$

*Dirección permanente: Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Apartado postal 1152, 72000 Puebla, Pue., México.

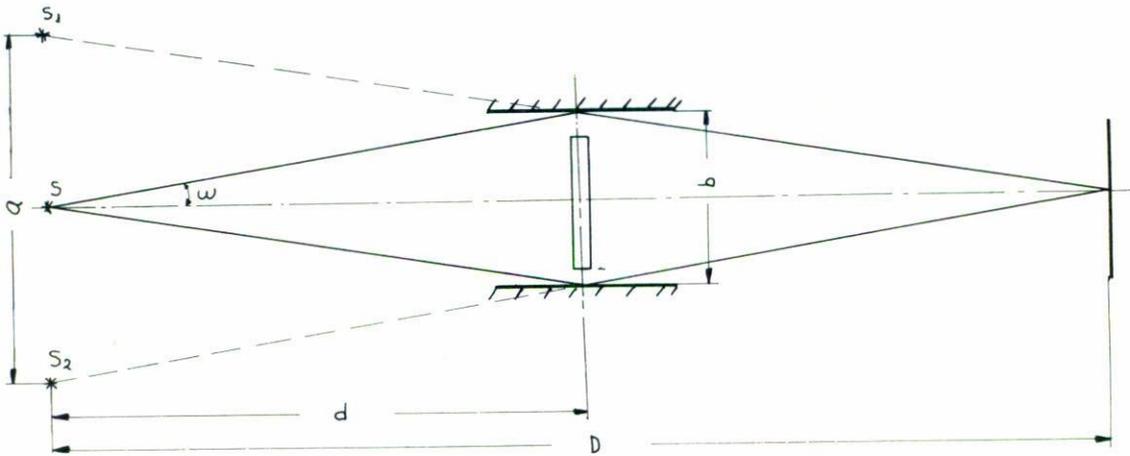


FIGURA 1. Interferómetro con espejos planos paralelos [2].

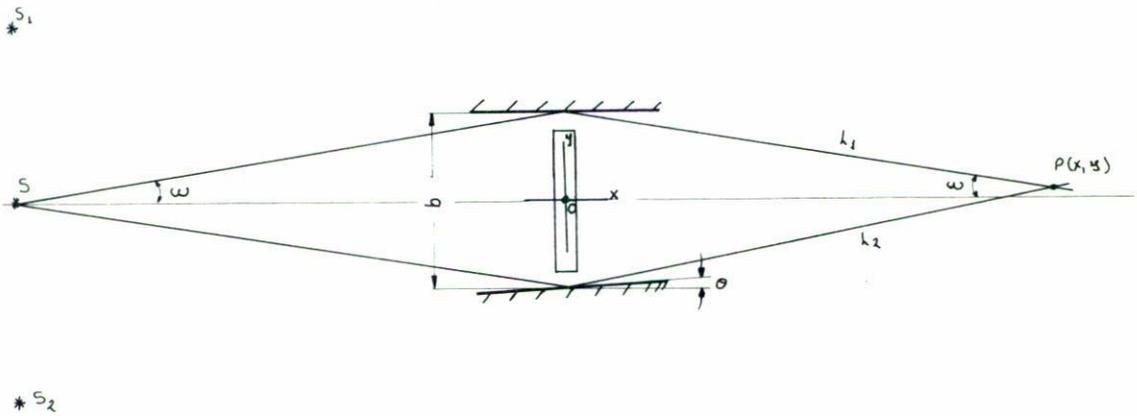


FIGURA 2. Interferómetro con espejos planos no paralelos.

$$D = 2d, \tag{2}$$

$$\tan \omega = \frac{b}{2d}, \tag{3}$$

$$\Delta y = \frac{\lambda}{2 \tan \omega}, \tag{4}$$

donde a es la distancia que hay entre las dos fuentes virtuales S_1 y S_2 , b es la separación entre los dos espejos paralelos, Δy es la separación entre máximos consecutivos del interferograma, λ es la longitud de onda de la fuente empleada; los otros parámetros se muestran en la Fig. 1.

Ahora supóngase que se tiene el caso de la Fig. 2 (los ángulos se consideran positivos si son medidos en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj y negativos en el otro caso). Se intentará determinar el punto P de intersección de las dos rectas L_1 y L_2 sobre la pantalla de observación (véase Fig. 2). Para ello se utilizarán elementos básicos de geometría analítica y un sistema coordenado con origen en O .

Las ecuaciones para las rectas L_1 y L_2 son, respectivamente,

$$y_1 = x_1[-\tan \omega] + b/2, \quad (5)$$

$$y_2 = x_2 \tan[\omega + 2\theta] - b/2. \quad (6)$$

Puesto que el punto P satisface ambas ecuaciones se tiene, igualando (5) y (6), que

$$x[-\tan \omega] + b/2 = x \tan[\omega + 2\theta] - b/2. \quad (7)$$

Agrupando términos y despejando x se tiene que

$$x = \frac{b(1 - \tan \omega \tan 2\theta)}{2 \tan \omega - \tan 2\theta(\tan^2 \omega - 1)}. \quad (8)$$

Si ahora se supone que $\omega < 1^\circ$ y que $\theta \ll 1^\circ$, de tal forma que se puede tomar la aproximación

$$\tan \omega \approx \omega, \quad (9)$$

y

$$\tan \theta \approx \theta, \quad (10)$$

la Ec. (8) toma la forma

$$x = \frac{b[1 - 2\omega\theta]}{2\omega - 2\theta[\omega^2 - 1]}. \quad (11)$$

Considerando que $2\omega\theta$ y $2\theta\omega^2$ son mucho menores que uno, entonces se pueden despreciar, de tal forma que la Ec. (11) se puede escribir, considerando la Ec. (3), como

$$x(\theta) = \frac{bd}{b + 2\theta d}. \quad (12)$$

Sustituyendo (12) en (6), y tomando en cuenta (9) y (10) se obtiene

$$y(\theta) = \frac{\theta bd}{b + 2\theta b}. \quad (13)$$

Las Ecs. (12) y (13) dan el desplazamiento que tiene el patrón de interferencia en función del valor y el sentido del ángulo θ . Obsérvese que si $\theta = 0$, las dos ecuaciones dan

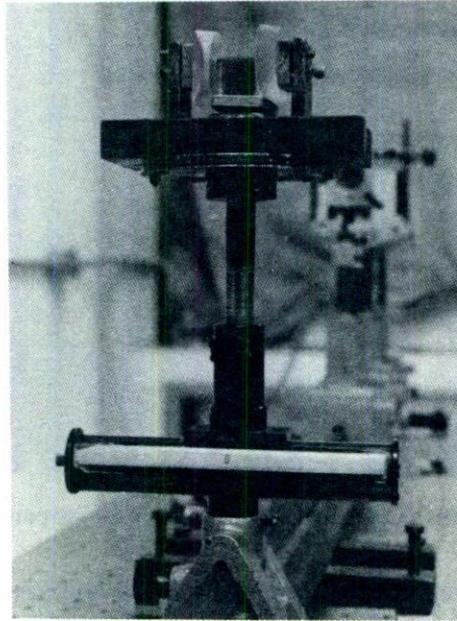


FIGURA 3. Montura construida para utilizarla en el experimento.

los mismos resultados que en el caso en que los espejos estaban paralelos, esto es, $X = d$ y $Y = 0$. Como en la práctica es más sencillo observar cualquier desplazamiento que tenga el patrón de interferencia en la dirección Y que todo en la dirección X , se le dará mayor importancia a la Ec. (13).

Despejando θ de la Ec. (13) se obtiene que

$$\theta = \frac{yb}{d(b-y)}. \quad (14)$$

pero como se desean medir valores para $y \ll 1$ entonces la Ec. (14) se puede escribir simplemente como

$$\theta = \frac{y}{d}. \quad (15)$$

Esta ecuación está dada en función de parámetros que se pueden medir en el experimento, por ello, si mediante un microscopio se puede medir cualquier desplazamiento de la franja de orden cero, por muy pequeño que este sea, entonces se pueden obtener valores de θ pequeños.

3. CONCLUSIONES

Si se tiene el soporte adecuado para los espejos y un buen instrumento de medición, es decir, un arreglo experimental de precisión, entonces se puede obtener lo expuesto anteriormente.

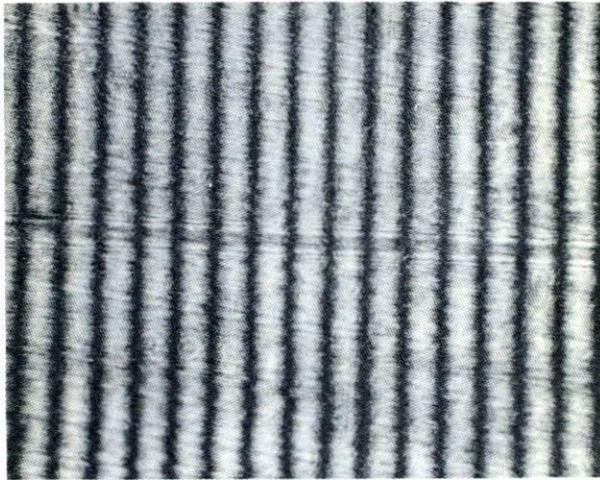


FIGURA 4. Patrón de interferencia obtenido usando dos espejos con una planicidad de $\lambda/2$.

Es posible también obtener un patrón de franjas si los dos espejos se sustituyen por dos superficies planas de vidrio. Debido a que se está trabajando con un ángulo de incidencia cercano a 90° , las dos superficies de vidrio funcionan como espejos. Esto se puede ver utilizando las ecuaciones de Fresnel [4] para calcular el coeficiente de reflexión, el cual tiene el valor de 1 aproximadamente. Así que la amplitud de la onda incidente casi no se altera, por lo que las dos superficies de vidrio funcionan como si fueran espejos.

En la Fig. 3 se muestra el soporte empleado en el interferómetro que se construyó y la Fig. 4 muestra un patrón de franjas obtenido al utilizar dos espejos con una planicidad de $\lambda/2$.

A la fecha la realización de medidas experimentales no pudo concretarse; sin embargo, la presentación de la teoría se pensó que debería darse a conocer.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Dr. Alejandro Cornejo R. sus útiles comentarios y sugerencias. A. Jaramillo N. agradece al CONACYT el apoyo económico recibido durante la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

1. J. Dyson, *Interferometry as a measuring tool*, The Machinery Publishing Co., Ltd. (1970).
2. N.I. Kalitievski, *Optica ondulatoria*, 2a. ed., Vischaya Shkola, Moscú (1978).
3. A. Jaramillo N., "Diseño y construcción de un interferómetro de espejos planos", tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Puebla (1990).
4. A. Zajac and E. Hecht, *Optics*, 4a. ed., Addison-Wesley, New York (1979).