

Interferómetro de desplazamiento vectorial

Claudio Ramírez^a, Marija Strojnik^a

^a Laboratorio de Infrarrojo, Centro de Investigaciones en Óptica, León, Guanajuato, 37000, México, cramirez@cio.mx

INTRODUCCIÓN.

En el interés de detectar fuentes de luz débiles y pequeños detalles, recientemente se han desarrollado sistemas ópticos de gran tamaño, incluyendo aquellos con espejos segmentados o diluidos. Estas configuraciones requieren de la fabricación y montaje de elementos ópticos fuera de eje con diámetros relativamente grandes. La prueba de dichos elementos ópticos se dificulta con las técnicas interferométricas tradicionales, que requieren de componentes de alta calidad para referencia.

La interferometría de desplazamiento no requiere de un frente de onda de referencia ya que se compara consigo mismo. El frente de onda bajo prueba se divide en dos partes: una parte no sufre cambio alguno, mientras la otra es modificada en alguno de sus parámetros.

La suma de los frentes onda da como resultado un interferograma que representa la derivada del frente de onda original, por lo que se deben emplear métodos matemáticos de integración para recuperar la fase.

Para la recuperación de la fase es necesario conocer la dirección y la cantidad de desplazamiento que sufre el frente de onda, lo cual es controlado por el sistema director del frente de onda.

RESUMEN.

Para pequeños desplazamientos en una dirección arbitraria, las cantidades Δx y Δy pueden considerarse infinitesimales, y el interferograma resultante corresponde a la derivada bidimensional de la función del frente de onda $W(x,y)$.

$$\frac{\delta W(x,y)}{\delta x} \Delta x + \frac{\delta W(x,y)}{\delta y} \Delta y = m\lambda$$

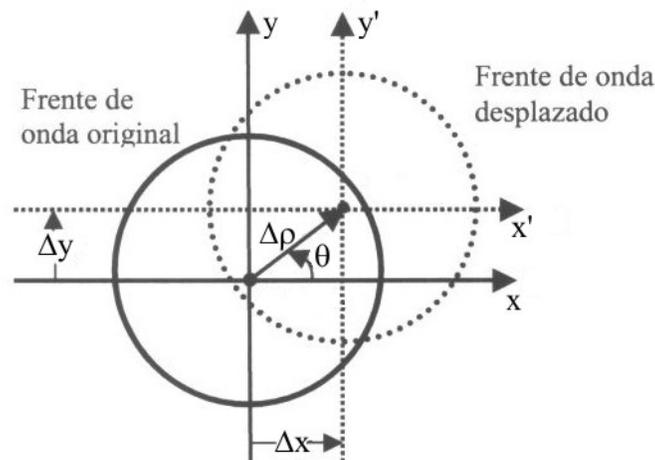


Figura 2. Frente de onda $W(x,y)$ desplazado.

La configuración experimental propuesta utiliza un interferómetro Mach-Zehnder y como sistema director del frente de onda dos prismas de cuña, donde la primera y la última de las superficies corresponden a los lados rectos, como se muestra en la figura 2.

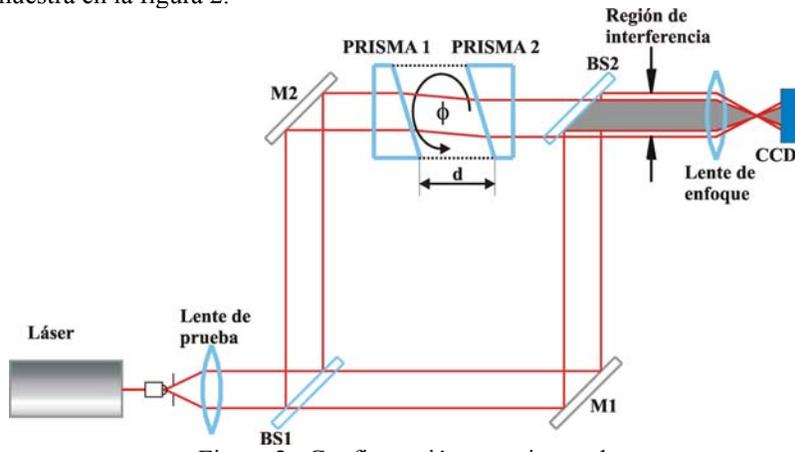


Figura 2. Configuración experimental.

Las ecuaciones obtenidas para el trazo exacto de rayos del sistema director del frente de onda son:

Ecuación de refracción:

$$\hat{P}_n = \mu_n \hat{P}_{n-1} + \left[-\mu_n (\hat{P}_{n-1} \cdot \hat{N}_n) + \sqrt{1 - \mu_n^2 [1 - (\hat{P}_{n-1} \cdot \hat{N}_n)^2]} \right] \hat{N}_n$$

donde

$$\mu_1 = \mu_3 = \frac{n_1}{n_2} \quad \mu_2 = \mu_4 = \frac{n_2}{n_1}$$

Ecuación de transferencia:

$$\vec{r}_m = \vec{r}_{m-1} + \left[\frac{[t_m \hat{k} - \vec{r}_{m-1}] \cdot \hat{N}_m}{\hat{P}_{m-1} \cdot \hat{N}_m} \right] \hat{P}_{m-1}$$

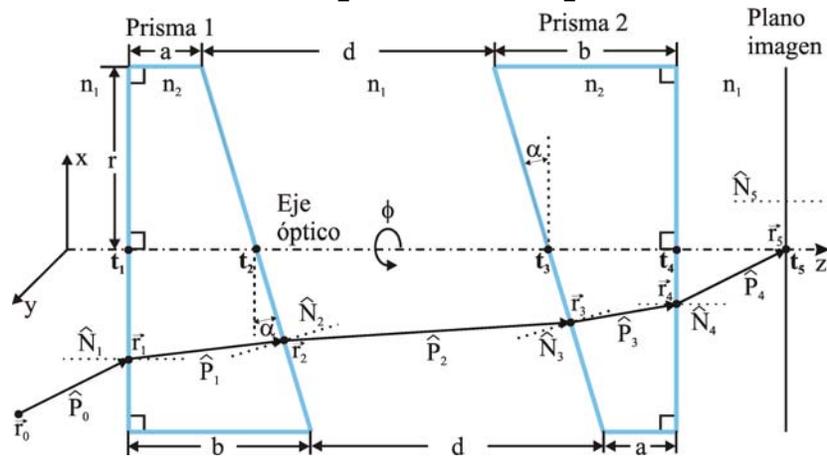


Figura 3. Sistema director del frente de onda.

Una característica del sistema director del frente de onda de la figura 2, es que la dirección con que incide un rayo en la primera superficie, es la misma con la que es refractado por la última superficie, $\vec{P}_0 = \vec{P}_1$

El desplazamiento vectorial en el plano XY encontrado es:

$$\Delta x = \beta d \cos(\phi)$$

$$\Delta y = \beta d \operatorname{sen}(\phi)$$

donde:

$$\beta = \left(1 - \frac{\mu_2 \cos(\alpha)}{\sqrt{1 - \mu_2^2 \operatorname{sen}^2(\alpha)}} \right) \operatorname{sen}(\alpha) \cos(\alpha) = \text{cte}$$

Por lo tanto

$$\rho = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \beta d \sqrt{\cos^2(\phi) + \operatorname{sen}^2(\phi)}$$

$$\rho = \beta d$$

y

$$\theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{\beta d \operatorname{sen}(\phi)}{\beta d \cos(\phi)}\right) = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}(\phi))$$

$$\theta = \phi + \pi$$

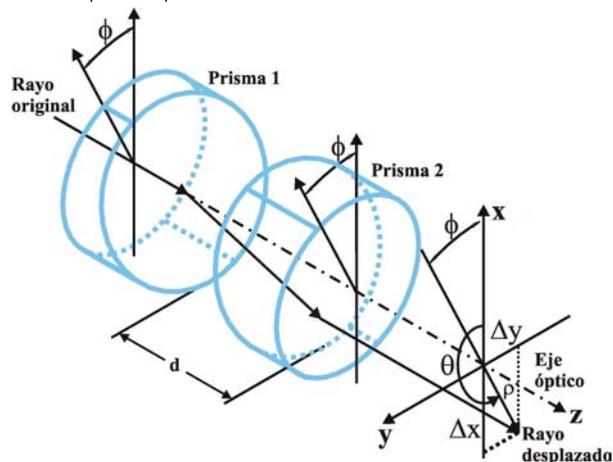


Figura 4. Desplazamiento vectorial de un rayo.

CONCLUSIONES.

- El interferómetro de desplazamiento vectorial es un instrumento que compara un frente de onda con el mismo, por lo que no requiere de superficies de referencia.
- Con el sistema director de frente onda propuesto se controlan tanto el desplazamiento como su dirección en el plano XY, además los desplazamientos son lineales y no se introduce un tilt adicional al sistema.
- El sistema se puede utilizar para detectar aberraciones de frentes de onda, generadas por superficies con o sin simetría de rotación.

BIBLIOGRAFÍA:

Gonzalo Paez, Marija Strojnik, Guillermo Torales, "Vectorial shearing interferometer," Appl. Opt. 39, 5172-5178 (2000).

Guillermo Torales, Gonzalo Paez, Marija Strojnik, "Simulations and experimental results with a vectorial shearing interferometer," Opt. Eng. 40, 767-773 (2001).

Guillermo Torales, Marija Strojnik, Gonzalo Paez, "Risley prisms to control wave-front tilt and displacement in a vectorial shearing interferometer," Appl. Opt. 41, 1380-1384 (2002).

Gonzalo Paez, Marija Strojnik, "Applications of the vectorial shearing interferometer," The 4th International workshop on automatic processing of fringe patterns, Bremen, Germany, (2001).