

RUGOSIMETROS OPTICOS BASADOS EN LA ABERRACION CROMATICA Y ESFERICA DEL SISTEMA DE ENFOQUE

G. Molesini, F. Quercioli

Instituto Nazionale di Ottica, Florencia, Italia

M. Trivi (*)

Centro de Investigaciones Opticas, CICPBA C. C. 124, 1900, La Plata

Se presentan dos técnicas ópticas para la medida de rugosidades de superficies. En el primer caso, se utiliza luz blanca y el principio de operación está basado en la aberración cromática del sistema de enfoque. El segundo método emplea luz láser y se basa en la aberración esférica longitudinal del sistema de enfoque. La microtopografía de la muestra se reconstruye luego de un barrido automático punto a punto.

INTRODUCCION

En los últimos años se ha incrementado la atención en los sensores electroópticos. Tales dispositivos son precisos y rápidos y pueden ser fácilmente asociados con una computadora, con la ventaja que ofrece la informática para control automático y procesamiento de datos, además de ser recomendables para el caso de ensayos no-destructivos.

Particularmente, en la literatura han aparecido varios artículos sobre medidores ópticos de perfiles y rugosímetros (1-7). Aquí, se proponen dos nuevas técnicas para la realización de este tipo de medidas.

PRINCIPIO DE OPERACION

Ambos dispositivos están basados en la configuración confocal (fig. 1). Un haz luminoso colimado pasa por un divisor de haz (beam splitter) y es parcialmente transmitido y enfocado por la lente L_1 sobre la superficie de la muestra a analizar. Parte de la luz que retorna es colectada por la misma lente y a través del beam splitter pasa por otra lente L_2 conjugada con la primera, que enfoca la señal en el detector. Cuando la muestra está ubicada exactamente en el foco de L_1 la señal es máxima en el detector.

a) Aberración cromática

Se utiliza luz blanca y el mecanismo descrito es ahora multiplexado por medio de la aberración cromática longitudinal de L_1 . Esta lente ha sido reemplazada por un sistema de lentes, especialmente diseñado, corregido para todas las aberraciones excepto

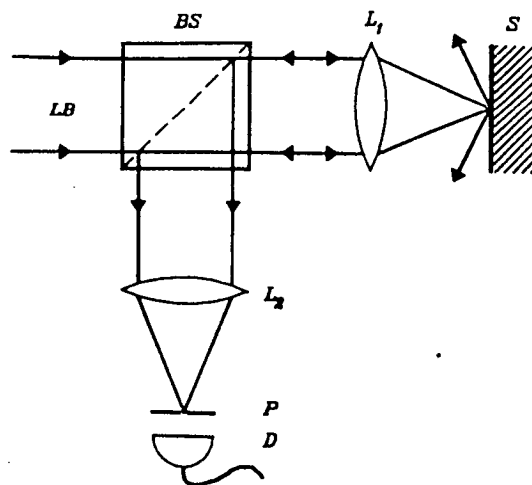


Figura 1: Principio de trabajo de la configuración confocal: LB, haz luminoso; BS, beam splitter; L_1 , lente de enfoque; S, muestra en estudio; L_2 lente detectora; PF, pin-hole; D, detector.

para la aberración cromática, presentando una dispersión longitudinal monótona del foco en función de la longitud de onda. Por lo tanto, sobre la muestra se observan diferentes tamaños de mancha focal de acuerdo a la longitud de onda. Para encontrar cual de ellas está en foco, es necesario una separación espectral del haz que retorna. Para este propósito se coloca un prisma entre el beam splitter y L_2 . De esta manera, la señal es separada lateralmente. Como detector se utiliza un arreglo de fotodiodos (64, en el experimento reportado), que permite observar la máxima señal en una posición determinada del arreglo. El dispositivo se muestra en la Fig. 2

* Investigador de la CICPBA

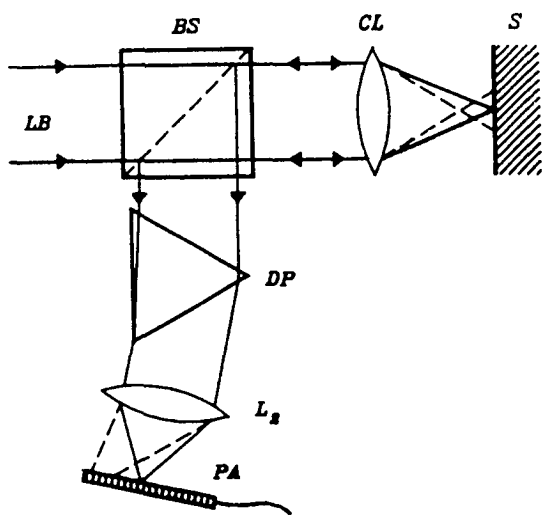


Figura 2: Esquema del dispositivo de aberración cromática: CL, lente cromática; DP, prisma dispersor; PA, arreglo de fotodiodos.

b) Aberración esférica

El esquema experimental se muestra en la Fig. 3 En este caso, se emplea la configuración confocal utilizando luz monocromática. Un haz láser se enfoca en un

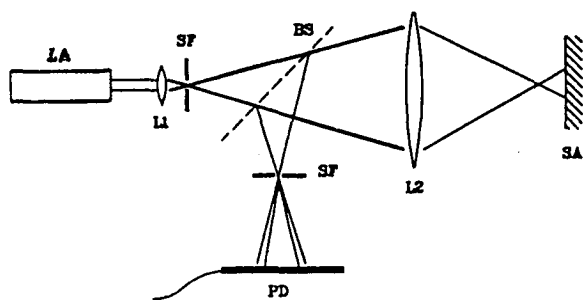


Figura 3: Esquema del dispositivo de aberración esférica: LA, láser; L1, objetivo de microscopio; SF, filtro espacial (pin-hole), L2, lente de enfoque con aberración esférica; SA, superficie de la muestra; PD: arreglo de fotodiodos.

punto fuente y, mediante una lente apropiada, se forma una imagen de ella en la superficie bajo estudio. Un beam splitter separa parte de la luz reflejada, que pasa por un diafragma hacia el detector situado a una cierta distancia detrás. La lente L2 está afectada de una aberración esférica monótona con una correspondencia uno a uno entre la posición del foco y la apertura anular de la lente. La muestra se ubica entre el foco paraxial y periférico, y la apertura anular cuyo foco está en la superficie colecta el haz reflejado y lo

enfoca sobre el diafragma. El haz que pasa a través de este tiene aún una distribución anular alrededor del eje, variando su diámetro conforme varía la distancia entre la lente y la superficie. Tal diámetro puede ser determinado mediante un arreglo de diodos para analizar el perfil de la muestra.

DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El diagrama en bloques de la operación completa de medida se muestra en la Fig. 4. Con "Optical Head" se designan los dispositivos ya descritos, que pueden ser acoplados alternativamente con el resto del sistema. La electrónica comanda el arreglo de diodos y provee, mediante un convertidor analógico digital de 12 bits, la señal digitalizada a la computadora de tipo PC. Los datos son debidamente procesados y presentados en un monitor.

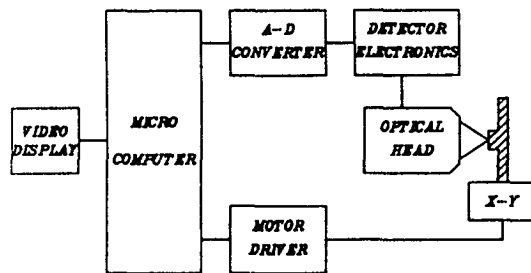


Figura 4: Diagrama en bloques del dispositivo completo de prueba.

El barrido en las direcciones x-y de la superficie en estudio se realiza mediante dos microposicionadores controlados por la computadora. Después de la adquisición y procesamiento de un dato, el objeto es trasladado lateralmente en un paso asignado para cubrir gradualmente el área de interés con una grilla apropiada.

Las características relevantes del dispositivo basado en la aberración cromática se detallan en la Tabla I.

Tabla I: Características principales del dispositivo basado en la aberración cromática.

Tiempo de adquisición de datos	100 ms
Distancia mínima de trabajo	4.5 mm
Rango	500 μm
Resolución vertical	0.5 μm
Resolución lateral	20 μm
Detector	CCD 64 elementos
Señal e salida	Formato 10 bit
Fuente de iluminación	Lámpara de Xenon 150 W

Para el caso de aberración esférica, el rango dinámico de medida es de 5 mm con una resolución de $2\ \mu\text{m}$; se usó un láser de He-Ne de 5 mW como fuente de iluminación.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para ilustrar el desempeño del sistema con aberración cromática, se estudió una moneda común de metal. La distribución de alturas se muestra en la Fig.5. La distancia P-V real del relieve es $154\ \mu\text{m}$. El área representada es de $12.6 \times 12.6\ \text{mm}^2$, el muestreo es de 150×150 pasos ($85\ \mu\text{m}$ cada uno). El tiempo de barrido es menor de 30 minutos.

En la fig. 6 se muestra un estudio realizado sobre un espejo cóncavo utilizando el dispositivo basado en la aberración esférica.

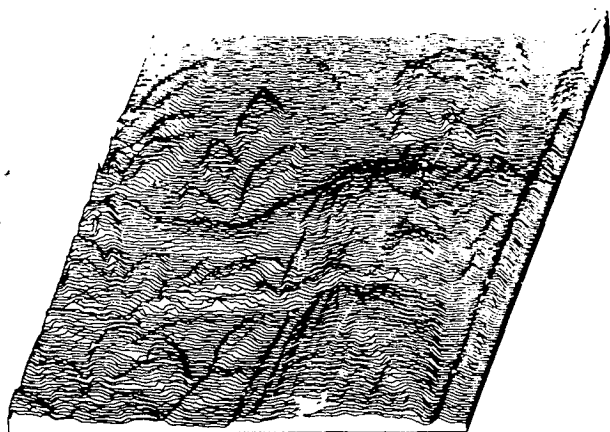


Figura 5: Fotografía de la moneda de metal estudiada con aberración cromática, y perfil de la reconstrucción del relieve.

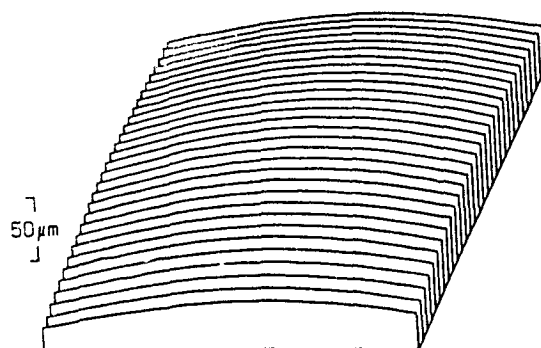


Figura 6: Representación pseudo 3D de un espejo cóncavo, estudiado con el sistema de aberración esférica.

CONCLUSIONES

Se han presentado dos dispositivos electroópticos para el estudio de microrrugosidades de superficies. La característica relevante es la estricta conexión entre el sensor y la computadora, que permite una fácil adquisición y un procesamiento directo de los datos. Además, para el caso de estudios de superficies ópticas, se obtiene una información completa sobre la curvatura y la forma general de las superficies, lo que es particularmente útil en el caso de superficies esféricas que son difíciles de analizar con técnicas interferométricas.

Existen algunas limitaciones en las aplicaciones a superficies de reflectividad escasa o no uniforme. Resulta interesante observar que el rango de medida y la resolución pueden ser adaptados a las necesidades de uso con un adecuado diseño de las aberraciones del sistema óptico.

REFERENCIAS

1. J. Simon, Applied Optics, 9, 2337, (1970).
2. R.J. Whiterfield, Applied Optics, 14, 2480, (1975).
3. F.T. Arechi, D. Bertani, S. Ciliberto, Optics Communications, 31, 263, (1979).
4. Ch. Gorecki, G. Tribillon, J. Mignot, Journal of Optics, 14, 19, (1963).
5. M. Dobosz, Applied Optics, 22, 3963, (1963).
6. L.S. Tanwar, H. Kunzmann, Journal Physics E, 17, 864, (1984).
7. G. Molesini, G. Pedrini, P. Poggi, F. Quercioli, Optics Communications, 49, 229, (1964).