

MAS 450/854: material de prácticas del curso sobre formación de imágenes holográficas

PRÁCTICA 5: HOLOGRAFÍA DE FILTROS ESPACIALES Y HOLOGRAFÍA FUERA DE EJE “Leith y Upatnieks”

Introducción:

El aumento del ángulo entre los haces del objeto y de referencia tiene importantes efectos en la formación de imágenes holográficas. Los diferentes componentes de reconstrucción se separan, por lo que, únicamente se presenta ante el ojo la imagen virtual deseada. Además, la frecuencia espacial que se asocia con la imagen puede ser lo suficientemente alta como para que el material de grabación cumpla la función de una capa “gruesa”, exhibiendo efectos de difracción de volumen que hacen que la imagen sea más brillante. Los objetos también pueden iluminarse frontalmente, permitiendo la fotografía láser de objetos sólidos de reflexión difusa y, por consiguiente, una mayor libertad creativa. Estas son algunas ventajas de la holografía de transmisión láser fuera de eje, u holografía de “Leith y Upatnieks”, que es el nombre de los dos investigadores de la Universidad de Michigan, pioneros en la década de los 60 en la aplicación de láseres en holografía y en la exploración del dominio fuera de eje, y que son considerados los “padres” de la holografía moderna. Para este sencillísimo primer experimento con holografía fuera de eje, dispersaremos un único haz, utilizaremos la parte más intensa para iluminar el objeto y emplearemos un espejo grande para reflejar una parte menos intensa del haz en un ángulo con la placa para que sirva de haz de referencia.

Utilizaremos un filtro espacial de estenope de lente, o “limpiador de haz”(*beam cleaner*), para eliminar los patrones de interferencia de franjas y de “ojo de buey” que aparecen en el haz divergente. Este es un aparato útil y una parte importante de esta práctica será aprender a alinearlo.

Temas experimentales:

1) Se montarán una serie de divisores de haz de cristal para alimentar diversos filtros espaciales de estenope de lente con rayos láser más débiles, quizás de diferentes tipos (el siguiente boceto es el modelo de *Jodon*). Los equipos formados por uno o dos alumnos deberán seleccionar un filtro espacial y practicar su alineación.

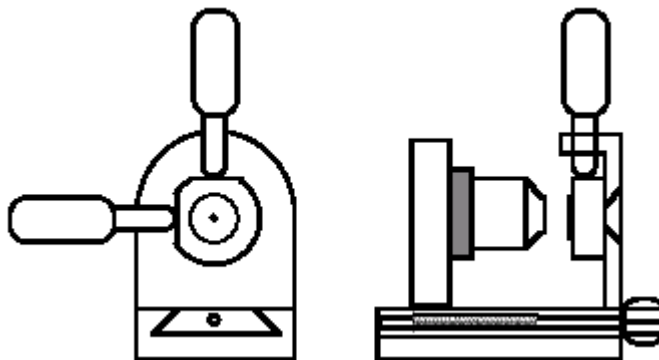


Figura 1: boceto de un *filtro espacial de estenope de lente* (LPSF o “limpiador de haz”)

En primer lugar, centre la montura del filtro espacial (sin un estenope u objetivo de microscopio) en el haz lo mejor que pueda, en una posición en la que sea fácil acceder a los controles del micrómetro. A continuación, instale el objetivo del microscopio que le ha proporcionado el ayudante técnico (asegúrese de agarrar la montura justo alrededor de la base de la lente cuando esté enroscando y desenroscando la lente). Mejore la ubicación de la montura para que el rayo divergente quede centrado en la posición en la que antes se encontraba el haz no divergente, y el objetivo del microscopio queda alineado con el rayo (de esta forma, no se corta el borde del haz y las reflexiones de la lente vuelven directamente por el haz para formar círculos concéntricos con el haz).

Instale y alinee el estenope para pasar el haz (¡esta parte tiene truco!). La alineación de un filtro espacial requiere cierto don que sólo se adquiere con la experiencia. En principio parece llevar mucho tiempo, pero pronto se convierte en una rutina y en un procedimiento rápido. La técnica exacta depende del tipo de filtro espacial que se utilice. Para empezar, vuelva a colocar bien el objetivo del microscopio en su platina (¡pero no tan lejos que pueda caerse!) e inserte el estenope, en su montura magnética, entre los extremos del micrómetro. Si el estenope está más o menos centrado, debería poder ver un esquema débil de círculos concéntricos con un centro brillante, un “ojo de buey”, sobre una cartulina blanca que se sostiene delante del filtro espacial.

Ajuste óptimamente los micrómetros para centrar el “ojo de buey” en la cartulina blanca en la dirección aproximada del haz original, en la posición donde debería ser más brillante. El haz será débil, ya que el enfoque de la lente está alejado del estenope. Lentamente, mueva el objetivo hacia delante con la manivela, volviendo a centrar el patrón con el micrómetro sobre la marcha, viendo como se va volviendo más brillante durante el proceso. En algún punto, puede que el patrón desaparezca de forma repentina, que vuelva a reaparecer al continuar moviendo la lente hacia delante y, a continuación, que comience de nuevo a volverse más tenue. Esto significa que ha perdido la alineación perfecta, y que ha llegado demasiado lejos; ¡que no le entre el pánico! Retroceda un poco (es posible que halla alguna holgadura en el dispositivo de enfoque), y mueva de nuevo la lente hacia delante en dirección al punto que desaparece. Si en esa posición ajuste lentamente los micrómetros de forma óptima, en seguida encontrará una ubicación en la que un haz increíblemente brillante y suave, un perfil de Gauss sin anillos alrededor, sale de repente del filtro espacial, dispuesto a realizar el holograma por usted. Naturalmente, usted tratará de mejorar la sintonización y, quizás, nunca vuelva a encontrar un haz de tan alta calidad. Pero, de todas formas, hágalo. Por supuesto, si tuviese muchísima suerte, encontraría ese “maravilloso punto” la primera vez que se mueva por el enfoque, sin necesidad de ningún buen ajuste final. La primera vez, déjese guiar por su ayudante técnico y guarde estos apuntes para practicar por su cuenta.

Por supuesto, debería aprender a hacer esto de manera rápida y fácil. Muchos de los estenopes se encuentran muy cerca del centro de la montura magnética y, la sola acción de centrar visualmente esa montura produce, a menudo, un “ojo de buey” sobre una cartulina blanca al primer intento. Después de eso, la práctica le hará perder menos tiempo.

Síntomas de problemas:

Filtro espacial mal alineado: si el objetivo del microscopio está fijado al haz, y no perpendicular a este, el haz de salida estará “recortado” en un lado.

Objetivo del microscopio sucio: una mancha bastante grande u oscura (en ocasiones, parecerá una maraña de lana) en el haz se convertirá en un manchón cuando coloque el estenope. A menos que pueda ver la suciedad en la superficie frontal del objetivo (pídale a su ayudante técnico que lo limpie), simplemente cambie la lente.

Estenope dañado: si no puede hacer que pase un haz uniforme, es posible que el estenope esté sucio o doblado. Simplemente pida que lo sustituyan.

Después de todo esto, es posible que decida que quiere un haz más ancho o más estrecho, lo que significa que debe empezar de nuevo con una lente de menor o mayor potencia o que todavía existen demasiadas franjas en el haz, por lo tanto, necesita un estenope más pequeño. Cualquiera de los dos casos significa volver a alinear el sistema desde el principio. Ahora, ¡a realizar el holograma!

- 2) “Haga un esbozo” del sistema de exposición descrito por su ayudante técnico, teniendo cuidado de mantener una correspondencia entre las longitudes de trayectoria del haz del objeto y de referencia. Seleccione el objeto que desea montar, pero utilice de fondo un patrón entramado justamente detrás del objeto. Mida la distancia desde la placa hasta un punto de referencia en el objeto y al fondo.
- 3) Sitúe la cartulina blanca en el soporte de placa y asegúrese de que el espejo del haz de referencia ilumine la posición de la placa muy uniformemente (seguro que hay *alguna* reducción de intensidad en los bordes; procure limitarla a 2:1).
- 4) Compruebe el nivel de intensidad medio de la iluminación de referencia y, a continuación, bloquéelo y compruebe la iluminación del objeto reflejado para calcular el ratio del haz. Calcule el tiempo de exposición para una exposición de 600 ergios/cm^2 (o lo que le recomiende su ayudante técnico para el procesamiento utilizado).
- 5) Utilice un deflector para evitar que el haz, ampliamente divergente, exponga la parte posterior de la placa. Asegúrese que la tabla está flotando. Cargue una placa, corra las cortinas, dele un minuto para que se “asiente” y ¡dispare!
- 6) Realice el procesamiento utilizando D-19, baño de paro, fijador y lavado. Realice el secado en una secuencia graduada de baños de alcohol de 50:50, 75:25 y 90:10%.
- 7) Reemplace el holograma en el soporte de placa, con la emulsión hacia el objeto. Coloque el deflector para bloquear la iluminación del objeto, pero NO el haz de referencia. Observe la ubicación, etc., de la imagen virtual. Si no ve nada, compruebe la orientación de la placa con cuidado.
- 8) Mueva el deflector en dirección a usted para desbloquear ahora la iluminación del objeto y bloquear el haz de referencia. Compare la luminosidad del objeto tal y como se ve a través del holograma con la luminosidad de la imagen reconstruida por el holograma en la Práctica 7. Calcule el “ratio de reconstrucción”.

9) Vuelva a montar el holograma una vez le halla dado la vuelta 180° alrededor del eje vertical (de tal forma que la emulsión se encuentre frente a usted). Busque la imagen real proyectada en su lado del holograma. ¿Es esta imagen mayor que objeto original? Busque la imagen real en placa de vidrio esmerilado y mida las distancia al mejor enfoque de las líneas verticales y horizontales de fondo. Halle los aumentos de la imagen a estas distancias y observe cualquier diferencia de lado a lado frente a las diferencias de arriba abajo.

10) Ilumine el holograma rotado con un rayo láser no divergente para proyectar una imagen más nítida sobre la placa de vidrio esmerilado. Observe cómo rota a medida que el haz ilumina diferentes partes de la placa.

11) Visualice el holograma sosteniéndolo a menor distancia del láser (quizás desde el otro lado o al revés) y observe el cambio producido en el aumento de la imagen resultante. Observe la sensibilidad de la luminosidad para el ángulo del holograma. Visualice la imagen con una fuente de luz blanca y observe los efectos espectrales mencionados en clase.