

**MAS 450/854 Formación de imágenes holográficas: material de las prácticas**  
**PRÁCTICA 7: TRANSFERENCIA DE APERTURA TOTAL**

Introducción:

Cuanto más cerca se encuentre una imagen del plano del holograma, menos vulnerable será a la pérdida de definición por el tamaño y el ancho de banda de color de la fuente de iluminación. Una forma de acercar la imagen al plano del holograma es ubicar el objeto en una posición muy cercana a la placa cuando se vaya a disparar, aunque esto suele bloquear parte del haz de referencia. Otra forma de hacerlo es presentar como objeto holográfico una imagen real aérea en relación a la placa. Ésta puede ser proyectada por una lente de gran diámetro o un espejo cóncavo, pero, por lo general, preferimos una proyección holográfica. En este caso, un primer holograma u holograma maestro, generalmente referido como “H1” proyecta una imagen real pseudoscópica (de profundidad invertida) en un segundo holograma u holograma transferido, generalmente referido como “H2”. Ese holograma lo denominamos un “holograma de imagen-plano”, hasta el punto de que la imagen se encuentra, en sentido estricto, en el plano del holograma H2. Sin embargo, generalmente, el término puede inducir a error ya que la imagen puede extenderse, de hecho, muchas decenas de milímetros a cada lado del holograma, fijándose el límite únicamente a partir de la cantidad de borrosidad que el observador considera aceptable. Por lo tanto, en su lugar nos referimos a estos hologramas como “hologramas de imagen proyectada”, término que no es muy informativo, o como “transferencias de apertura total”, que al menos los diferencia de los “hologramas de arco iris”, que se producen de forma similar (como verá en la siguiente práctica).

Los hologramas, que actúan como proyectores de imágenes reales, tienen muchas ventajas respecto a las lentes, especialmente debido a que si los comparamos con la distancia de lanzamiento de la imagen éstos poseen anchuras más amplias y, por lo tanto, proporcionan zonas de visión más amplias. En esta práctica, utilizará como holograma maestro el holograma fuera de eje que grabó en la práctica anterior y lo iluminará a través de su parte posterior con la ayuda de un haz de “proyección” colimado, que corresponde al “conjugado” de su haz de referencia, para así proyectar una imagen real. Colocará la placa de transferencia de tal forma que quede rodeada por la imagen real y que aporte un segundo haz de referencia. Lo ideal sería que ese haz fuese convergente, anticipando así una visión de iluminación final divergente, pero como carecemos de lentes de gran diámetro utilizaremos en su lugar el lanzamiento del haz de referencia divergente más largo que sea práctico en nuestra mesa. El precio que hay que pagar por tener conjugados imperfectos en el H2 será una distorsión en la imagen final del tipo “perspectiva forzada”.

Temas experimentales:

1. Realice un esbozo de la geometría de transferencia siguiendo las indicaciones de su ayudante técnico. Un buen sistema básico debería tener la apariencia de un paralelogramo y, además, debería facilitar la tarea de conseguir una buena correspondencia en la longitud de trayectoria. Si dispone únicamente de un filtro espacial, utilícelo para el haz de referencia. Incline el divisor de haces de tal forma que el haz quede nivelado con el tablero de la mesa, 200 mm. por encima de la mesa, y que apunte al centro del H1. Debería

comenzar con un divisor de haces de vidrio liso, pero tenga a mano un divisor de haces dieléctrico para intercambiarlo posteriormente. Alinee cuidadosamente el colimador.

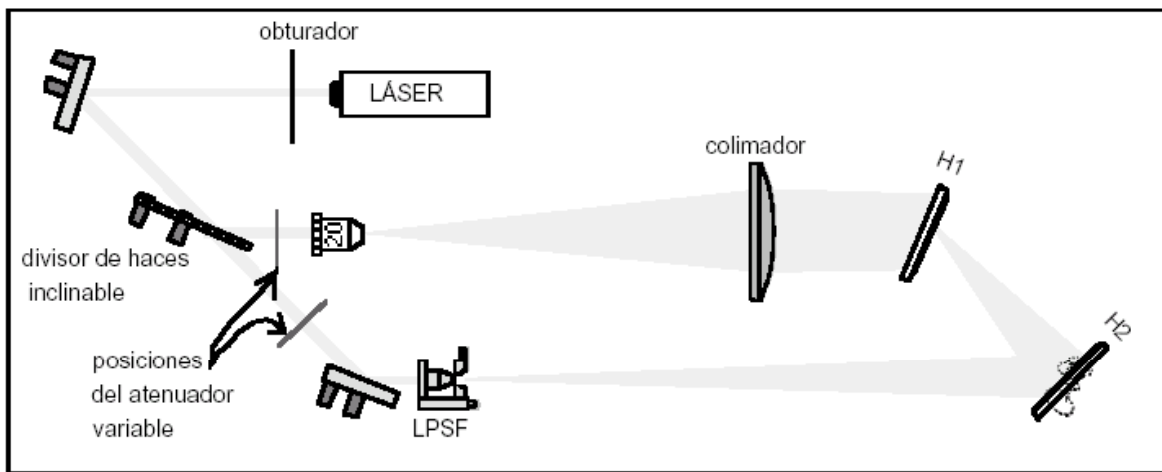
2. Instale el soporte de placa de vidrio transparente en la posición de H1 abajo en el haz de proyección, y exponga el holograma maestro de la práctica anterior al xileno en una orientación tal que la imagen real se proyecte hacia la trayectoria del haz de referencia. Le será de ayuda en este proceso mantener el holograma en alto en dirección a una luz (a ser posible, utilice un láser) tal que la visión de la imagen virtual (debería marcar la esquina superior derecha mientras está en esta posición). A continuación, el haz de proyección tendrá la intención de aparecer desde cerca de su ombligo, a través del lado de vidrio de la placa y en la dirección opuesta a la iluminación actual. Dele la vuelta a la placa y sitúe la parte inferior en la superior y observe si puede encontrar ahora la imagen real flotando delante del holograma. Si está utilizando un láser, es posible que se de cuenta de que la imagen se encuentra, digamos, “fuera” de un modo peculiar. A continuación, lleve la placa alrededor del soporte y presente el haz de proyección en el mismo ángulo, con la imagen real en dirección al centro de la mesa. El lado de emulsión del holograma debería ser unido con xileno al cristal transparente, de tal forma que la imagen se proyecte a través del soporte de placa.

3. Ubique el mejor “plano medio” (o *straddle plane*) de la imagen proyectada atravesándola con una cartulina blanca y hallando el mejor enfoque medio (de todas formas, no espere encontrar un buen enfoque). Monte el soporte de vidrio grisáceo en ese plano, con la perpendicular apuntando hacia el centro del H1. Asegúrese de tomar nota de la separación entre H1 y H2.

4. Retire de nuevo el objetivo del microscopio y pruebe la placa maestra de H1 con el rayo láser virgen sin divergir, ajustando el divisor de haces. Observe la imagen real (que en este momento tiene una gran profundidad de enfoque) proyectada sobre una cartulina blanca en el plano de transferencia, y anote la cantidad de movimiento relativo entre los puntos de la imagen a distintas profundidades. Reemplace el objetivo del microscopio.

5. Introduzca el haz de referencia para H2 desde la mayor distancia abajo de la mesa que pueda para que sea práctico (a una distancia de 1500 a 2000 mm. desde el filtro espacial). Si todo va bien, el ángulo del haz de referencia debería ser de aproximadamente  $45^\circ$ , pero este dato no es muy importante. En este tipo de montajes resulta algo complicado juzgar el ratio del haz puesto que, por lo general, el haz del objeto es muy irregular. El haz de referencia debería tener, al menos, tres veces el mismo brillo que el punto más brillante del objeto, pero esto no es tan importante si ese punto se encuentra justo en el plano del holograma. (caso que se suele dar a menudo). Realmente, “cortar y probar” es la única forma de ver qué es lo que funciona mejor, aunque 3:1 es un buen comienzo. Si el haz del objeto está demasiado “caliente”, habrá rayas o “quemaduras” alrededor de los toques de luz en la imagen. Si el haz del objeto es demasiado débil, la imagen será tenue y de bajo contraste. Realice una exposición para proporcionar una buena densidad a la hora del blanqueo y realice el procesamiento utilizando las sustancias químicas que le recomiende su ayudante técnico.

6. Examine el holograma final a través de su parte posterior con una iluminación láser (conjugación de fase aproximada) para visualizar la imagen “ortoscópica” o de “profundidad correcta”. Busque los bordes de la “ventana” holográfica que flotan delante de la placa (la imagen real de H1). Fíjese en la distancia a la fuente puntual de iluminación y en las distancias del holograma a los lados y a la parte superior de la zona de observación (que vienen determinadas por el enfoque en un vidrio deslustrado o por el método de paralaje). Dele la vuelta al holograma (de arriba a abajo) para visualizar la imagen virtual de H1 flotando detrás de la placa y la imagen seudoscópica extendiéndose a ambos lados de la placa. Por último, ilumine de nuevo el holograma a través de su parte posterior con una fuente tipo puntual de luz blanca, como por ejemplo un reflector, y fíjese en la borrosidad de color que observa. ¿Cuál es la profundidad válida (antes de que la borrosidad sea inaceptable) de la imagen que ha producido? ¿Qué color tienen las superficies mates cercanas al plano del holograma? ¿Por qué tienen ese color?



Práctica 7: montaje aproximado.

