

Proyecto final de Laboratorio Intermedio: Técnicas de holografía

David Alemán 200824008
(Dated: 29 de noviembre de 2011)

I. OBJETIVO

El objetivo de este proyecto fue el de estudiar y experimentar con distintos tipos de técnicas de holografía. Para esto se hizo uso de los materiales y químicos disponibles en el laboratorio de óptica cuántica. Son cuatro las principales técnicas holográficas, de las cuales se escogió desarrollar la técnica de holografía por reflexión, con dos métodos distintos; reflexión de un único rayo láser incidente y por reflexión con múltiples rayos.

Para que los resultados de la toma de hologramas sean óptimos es necesario que el objeto al que se le saca la imagen sea de color blanco, y en una menor medida rojo. Por eso para este proyecto se decidió tomarles imágenes a los siguientes objetos: una concha de mar roja, unos audífonos blancos, un elefante de porcelana blanco, un caballo de porcelana blanco y una vaca de goma de color blanco y rojo.

Todo esto se hizo mediante los equipos y herramientas disponibles del laboratorio de óptica cuántica, en especial de la mesa antivibraciones del laboratorio ya que la toma de hologramas se ve afectada principalmente por las vibraciones que haya en el lugar, dado que incluso las ondas producidas por un leve tono de voz mientras se toman las imágenes pueden arruinarlas completamente. Este proyecto se desarrolló en un espacio de 7 sesiones de cuatro horas.

II. MARCO TEÓRICO

La holografía consiste en obtener imágenes fotográficas tridimensionales, con la ayuda de un láser de una longitud de onda determinada. En el laboratorio los láseres disponibles son: un láser de helio neón, cuya longitud de onda es de 633nm; un láser de estado sólido, cuya longitud de onda es de 405nm; y un diodo láser rojo, cuya longitud de onda es de 670 nm. De éstos se hizo uso del Láser de helio neón y del diodo láser rojo. La función del láser es grabar la proyección de una imagen en una película especial fotosensible, la cual proyectará la imagen del objeto en tres dimensiones al ser observada desde un determinado ángulo.

Las películas que se usaron eran sensibles únicamente a luz roja de entre 600nm y 650nm de longitud de onda.

Antes de exponer las películas al láser, éste debe haber estado encendido al menos 15 minutos. El tiempo

de exposición de las películas holográficas al láser viene dado por:

$$Tiempo(segundos) = \frac{EnergíaRequerida(Joules)}{PotenciaDeLaFuente(Watts)} \quad (1)$$

Donde la sensibilidad de este tipo especial de películas está especificado entre 100 y 150 microjoules por centímetro cuadrado, con la longitud de onda de 633 nanómetros del láser de helio neón.

Los químicos de revelado de las películas holográficas han de ser preparadas al momento del procedimiento puesto que son útiles durante solo 8 horas aproximadamente después de su elaboración.

Para poder hacer el revelado de los hologramas se requieren de tres soluciones especiales que consisten en:

Solución A:
Catecol, 20g/L
Ácido Ascórbico, 10g/L
Sulfito de Sodio, 10g/L
Urea, 75g/L

Solución B:
Carbonato de Sodio Anhídrido, 60g/L

Solución C:
Dicromato de Potasio, 5g/L;
Bisulfato de Sodio, 80g/L

Para revelar las películas holográficas, después de que hayan sido expuestas al láser, los pasos a seguir son:

1. Se deben introducir las películas durante dos minutos en un recipiente o plato que contenga iguales cantidades de la solución A y la solución B.

2. Luego se introducen en agua destilada durante tres minutos.

3. Se introducen en un envase o plato con la solución C hasta que las películas se hayan blanqueado. Ésto durante un tiempo menor a dos minutos.

4. Y por último se introducen durante tres minutos en agua destilada, y preferiblemente que ésta tenga una pequeña cantidad de fotoflo, que es un químico utilizado en el revelado de fotografías.

En el caso de los hologramas por reflexión hay que

esperar a que estén secos para poder visualizar la imagen. Los cuales se verán mejor cuando se los mira con una luz puntual roja o blanca.

III. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

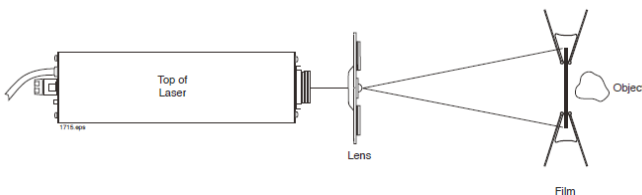
Las películas holográficas no pueden estar expuestas a la luz antes de ser reveladas puesto que se vuelven inservibles rápidamente.

Por lo que la toma de hologramas debe ser realizada en la mayor oscuridad posible, usando solo una ligera fuente de luz verde cuya longitud de onda es de 550 manómetros aproximadamente, ya que ésta le produce el mínimo daño a la película a diferencia de la luz roja por ejemplo.

En la primera y segunda sesión se hicieron tomas de hologramas por reflexión con un único rayo incidente, y su posterior revelación.

El montaje de este método consiste en un rayo láser; de helio neón en este caso, y un lente divergente. La película holográfica es cortada a medida para un determinado objeto, que fue una concha de mar roja para esta primera sesión, y se coloca entre dos vidrios de tal manera que no haya aire entre ellos. Tal como se muestra en la figura.

Figura 1. holograma de reflexión



La luz puntual del láser diverge al pasar por el lente e incide en la película que está entre éste y el objeto. Es recomendable que el rayo láser incidente sea aproximadamente un tercio más grande que la película. El tiempo de exposición calculado para este primer montaje fue de 52 segundos. Por lo que se tomaron cuatro hologramas a la concha de mar con tiempos de exposición de 30, 45, 60 y 90 segundos.

Durante la tercera y la cuarta sesión de laboratorio primero se observaron y analizaron los hologramas que se obtuvieron en la primera toma los cuales fueron bastante satisfactorios considerando la dificultad que este proceso conlleva (ver análisis de resultados).

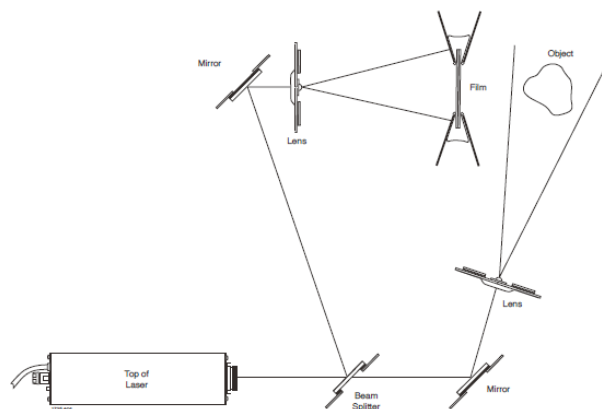
Se tomaron un total de 7 fotografías holográficas usando el mismo método que en la primera sesión y posterior revelado. Se tuvieron en cuenta ciertos aspectos del montaje experimental que se debían mejorar como:

Los hologramas al estar sobreexpuestos se ven de un color rojizo, y al estar subexpuestos se ven de un color azul. Los cuatro hologramas tomados mostraban un leve tono azulado. Por lo cual se pensó que estaban subexpuestos y que el tiempo de exposición debía ser mayor. E Intentar tomarle una imagen holográfica a un objeto blanco, que son los que teóricamente ofrecen mejores resultados. También se intento posicionar la película holográfica y el objeto lo más cercano posible al centro del rayo incidente ya que es donde éste tiene mayor intensidad.

Tras estas consideraciones se hicieron cinco tomas a la concha de mar con tiempos de 135, 180, 225, 270 y 400 segundos, ya que este objeto representaba el punto de comparación con la anterior practica. También se le hicieron dos tomas a unos audifonos blancos con tiempos de 135 y 180 segundos.

Durante la quinta y sexta practica se hizo el montaje del siguiente método de holografía a considerar, el cual era el de holografía por reflexión con múltiples rayos. Se hizo uso del diodo láser, de un beam splitter, dos lentes divergentes, y de los dos vidrios para sostener y posicionar la película como en las primeras sesiones. Este montaje consiste en un rayo láser que se divide en dos al pasar por un beam splitter. Luego cada uno de los dos rayos atraviesa una distancia igual hasta incidir en un lente divergente, para luego incidir en el objeto. Para esto se posicionan espejos entre el láser y los lentes para poder desviar los dos rayos a un único punto, que en este caso es el objeto. La forma de este montaje, es decir el posicionamiento de los objetos debe ser por tanto en forma de un deltoide convexo (un cuadrilátero, que tiene dos parejas de lados iguales, los lados iguales son continuos y ninguno de los cuatro vértices tiene un ángulo mayor a 180 grados). Uno de los rayos incide directamente en el objeto y el otro en la película que está entre el lente y el objeto. Este montaje es tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 2. holograma de reflexión de rayos múltiples



Se usaron dos objetos en este caso, la concha de mar, cuyos resultados en la primera toma de hologramas fueron satisfactorios, y un caballo blanco de porcelana. Los dos rayos incidentes en el objeto tenían distinta intensidad, por lo que el tiempo de exposición calculado cuando el rayo más potente incidiera en la película fue de 5 segundos mientras que para el menos potente fue de 12.5 segundos.

Basados en esto y en las grandes márgenes de errores que existen en la toma de hologramas se decidió probar los dos casos. Por lo tanto se hicieron 4 tomas con tiempos de 2,5,10 y 15 segundos para el rayo más potente incidiendo en la película, y 4 tomas con tiempos de 5, 10, 15 y 25 segundos para el rayo menos potente incidiendo en la película.

Por la geometría del sistema el rayo incidente que incidía directamente en el objeto incidía en una ligera medida en la película holográfica. Por lo cual se hicieron otras 4 tomas de hologramas con el rayo más potente incidiendo en la película, y a su vez tapando la pequeña porción del menos potente que incidía en la película, y de esta manera evitar posibles errores en la toma, ya que hasta el mínimo detalle del montaje experimental influye en los resultados. Los tiempos de exposición para esta tercera medida fueron de 2, 5, 10 y 15 segundos.

Además dado el fracaso de la toma de hologramas de la tercera sesión se decidió esperar un tiempo de alrededor de un minuto desde la última vez que se entra en contacto físico con el sistema hasta que el láser se destapa. Para así evitar cualquier posible vibración del sistema, del objeto e incluso del aire durante la toma.

Durante la séptima sesión se decidió tomar hologramas con el método y consecuentes tiempos de exposición que mejores resultados hubieran tenido. Dado el fracaso de la segunda y tercera toma de hologramas (ver análisis de resultados) se decidió probar el mismo método que en la primera sesión con tiempos de exposición que variaran entre 15 y 45 segundos. Ya que en la primera sesión de toma de hologramas fueron aquellos que tuvieron tiempos de exposición de 30 y 45 segundos los que con un mayor detalle mostraban a la concha de mar.

Se tuvo en consideración además de las consideraciones tomadas en la tercera sesión:

1. Esperar aproximadamente dos minutos a que el sistema se libere de posibles vibraciones antes de destapar el rayo láser de helio neón.

2. Usar objetos blancos para las tomas. Los objetos fueron un elefante de porcelana pequeño de dimensiones

de alrededor de 2 x 3 x 2 cm, y un caballo de porcelana de un tamaño un poco mayor de dimensiones aproximadas de 5 x 6 x 2 cm.

3. Cubrir la luz verde lo máximo posible.

4. Cubrir los objetos del laboratorio que pudieran reflejar una luz indeseada en el sistema como vidrios e incluso envases.

5. También permanecer en la mayor quietud posible durante el tiempo de exposición.

El resultado que se obtuvo con el elefante blanco y con un tiempo de exposición de 30 segundos fue excelente.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Primera y segunda sesión de laboratorio:

Los cuatro hologramas presentaron resultados bastante aceptables, teniendo en cuenta la total falta de experiencia en la práctica de la holografía. Con el uso de una luz roja puntual, y luego de haber intentado con luz blanca, luz solar y con el mismo láser, se pudo observar la imagen de la concha de mar en los hologramas. Aunque si bien los hologramas con mejores resultados fueron aquellos que estuvieron expuestos al láser un menor tiempo (30 y 45 segundos), éstos presentaban un ligero tono azulado, indicador de que fueron subexpuestos al láser.

Por lo cual se concluyó que quizás los dos hologramas que habían sido expuestos por un mayor tiempo no se veían tan claramente ya que éstos habían sido los dos últimos en ser revelados, y por lo tanto habían sido expuestos a luz verde un tiempo considerablemente mayor a los otros dos, teniendo en cuenta que cada película holográfica tarda aproximadamente 10 minutos en ser revelada, y por tanto estuvieron expuestos alrededor de 30 y 40 minutos a la luz verde antes de ser revelados.

Otra posible razón fue que las soluciones A y B que tienen una vida útil bastante corta al ser mezcladas hayan surtido un menor efecto en estas dos placas.

Tercera y cuarta sesión de laboratorio:

Ninguno de los siete hologramas presentó medianamente el resultado esperado.

Se intentó verlos con luz roja, luz verde, luz blanca, luz azul, con el láser de helio neón y con luz solar, pero en ninguno se pudo ver un rastro de la concha de mar.

Los siete hologramas presentaban un tono rojizo, indicador de que quizás habían sido sobreexpuestos. Otra posible razón fue que no se había tapado lo suficiente la luz verde que se usa para la toma de los hologramas.

Incluso tal vez al nivel de ruido proveniente de los alrededores del laboratorio de óptica cuántica que en la tercera sesión había sido un poco mayor al primer día. O probablemente no se esperó un tiempo suficiente para que el sistema estuviera libre de vibraciones.

Quinta y sexta sesión de laboratorio:

Lamentablemente al igual que con la toma de hologramas de la tercera sesión no se pudo observar ningún resultado en los 12 hologramas tomados. Y al ser casi imposible saber con certeza la causa específica, se pensó que algunas de las posibles causas pudieron ser: Los 12 hologramas presentaban un tono un tanto rojizo, y no se parecían al tono azul que tenían los hologramas supuestamente subexpuestos de la primera sesión. Debido a ésto quizás estaban sobreexpuestos, pero dicha hipótesis no tenía mucho peso al considerar que tanto los tres hologramas que estuvieron expuestos 2 segundos como los dos que estuvieron expuestos 25 segundos presentaban un color idéntico.

Otra razón pudo ser que en este caso se hizo uso del diodo láser en vez del láser de helio neón. Mientras que este último tiene incorporada una tapa que se puede correr con la mínima vibración posible, el diodo láser no. Por lo que hubo que taparlo y destaparlo con un cartón, que no impedía del todo que el láser incidiera así sea de una forma mínima en el sistema mientras estaba tapado. También la considerable vibración que esto producía al taparlo y destaparlo.

Otra razón pudo haber sido que los dos rayos incidentes en el objeto no tuvieran la misma intensidad, ya que el beam splitter no se posicionó en un ángulo de 45 grados con respecto al rayo incidente puesto que el espacio disponible en la mesa no lo permitía.

Séptima sesión:

Si bien en ninguno de los tres hologramas tomados al caballo se pudo ver algo, quizás debido a su mayor tamaño con respecto al elefante, en los tres hologramas tomados al elefante se observaron resultados.

En el holograma con un tiempo de exposición de 15 segundos se vio que la imagen estaba incompleta, y que faltaba un pedazo del elefante. Y en la de 45 segundos se vio que la imagen estaba borrosa.

Pero en el holograma con un tiempo de exposición de

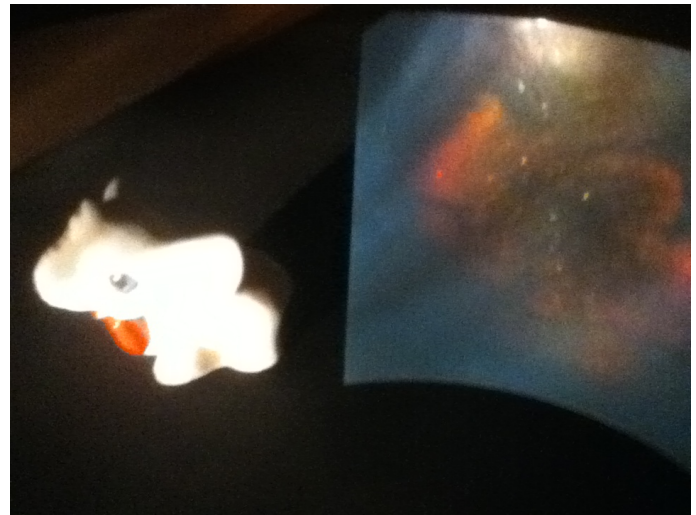
30 segundos se vio con gran claridad y distinta gama de colores la figura del elefante de porcelana.

V. CONCLUSIONES

Tras este laboratorio de holografía se concluyó básicamente que ninguna medida es exagerada para evitar que los hologramas se estropeen, y de que hay que estar pendiente hasta del más mínimo detalle a la hora de hacer las tomas.

Para el caso de los hologramas por reflexión con un único rayo incidente con un láser de helio neón y una distancia del lente divergente al objeto aproximada de 60 centímetros, el tiempo óptimo de exposición al láser es de alrededor de 30 segundos, y que es casi esencial que el objeto sea blanco, ya que a pesar de que los primeros cuatro hologramas que se le tomaron a la concha roja de mar eran buenos, se notaba una gran diferencia con respecto a el elefante blanco.

Figura 3. holograma de reflexión por medio de un único rayo incidente, de un elefante de porcelana



VI. BIBLIOGRAFÍA

Imágenes e información tomadas de <http://i-fiberoptics.com/pdf/45-733A-manual-revC.pdf>