

Obtención de Hologramas sobre Gelatina Dicromatada en Vainilla

M. Mosquera[†], R. Garaya[‡] y A. Valera[§]

Laboratorio de Óptica, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería

[†]*mmosqueram@uni.pe*, [‡]*rgaraya@uni.pe*, [§]*avalera@uni.edu.pe*

Recibido el 07 de mayo de 2010; aceptado el 30 de junio de 2010

En el presente trabajo, se describe la caracterización y elaboración de películas holográficas obtenidas a través de una solución compuesta por gelatina dicromatada en vainilla; la solución más eficiente se tuvo con 30% de vainilla, 1% gelatina y 0,5% de dicromato de potasio. En la generación de los hologramas se utilizó el método holográfico por transmisión, grabando patrones de interferencia con un láser UV sobre la película holográfica. A partir del patrón de difracción obtenido con el holograma y una fuente láser de He-Ne se comprueba la calidad del holograma.

Palabras Claves: Holograma por transmisión, difracción.

In this work, we describe the characterization and elaboration of holographic films by a solution made of dichromated gelatin in vanilla; the most efficient solution was gotten with 30% of vanilla, 1% of gelatin and 0,5% of dichromate potassium. In the generation of the holograms was utilized the experimental method by transmission, recording interference pattern with a UV laser on holographic film. From obtained diffraction pattern with the hologram and the He-Ne is verified the quality hologram.

Keywords: Transmission hologram, diffraction.

1. Introducción

La gelatina dicromatada fue empleada por primera vez por Pilkington para holografía a principios de los años 70 y desde entonces se ha ido consolidando como la base para la producción de elementos ópticos holográficos de muy alta calidad óptica. La mayoría de los materiales holográficos se basan en la combinación de gelatina dicromatada con agua destilada, en los cuales se graba el patrón de difracción mediante la interferencia de un haz láser que incide sobre el holograma, la intensidad del haz láser debe ser lo más intenso posible y para ello se utilizan distintas fuentes de láser [1, 2, 3]. El reemplazo de agua destilada por vainilla origina materiales holográficos cuyos patrones de difracción son puntos brillantes distribuidos simétricamente con respecto a su máximo de intensidad [4].

En este trabajo se presenta los pasos para la preparación de un material holográfico, utilizando vainilla en reemplazo de agua destilada. Los diferentes tipos de vainilla utilizada fueron: Royal, Elyasan y Fratello; de las cuales, la última resultó favorable en el experimento, debemos tener presente que en estos compuestos sintéticos, el responsable predominante de su característico olor y sabor es la vainillina, la cual se comercializa como: el extracto real de las vainas de semillas y la esencia sintética, más barata, que consiste básicamente en una solución de vainilla sintética [4].

La grabación del patrón de difracción se realizó utilizando haz de láser pulsado ($\lambda \approx 337,1nm$). Los patrones de difracción obtenidos son puntos bien definidos, los cuales se observan mediante la incidencia normal de un haz de láser rojo ($\lambda \approx 633nm$), en la región en la cual

incidió el haz de laser pulsado. A partir del patrón de difracción obtenido, se conoce el perfil de intensidades.

2. Conceptos Preliminares

2.1. Hologramas por transmisión

Las imágenes que son grabadas con luz proveniente de la región posterior a ellas, son conocidas como hologramas de transmisión, estos son iluminados con un láser o una lámpara de arco específicamente diseñada para vistas holográficas, o luz blanca de alta intensidad [5].

Estos hologramas pueden variar en tamaño desde unas pocas pulgadas cuadradas ($\approx 6,45mm^2$), los cuales presentan gran profundidad y proyección. Los hologramas pueden ser monocromáticos o policromáticos cuando se les hace incidir una fuente de luz blanca [5].

Los hologramas de transmisión tienen una profundidad pequeña de la escena, que se asocia al haz de láser. Un rayo láser tiene una longitud de coherencia limitada, la cual limita la profundidad de la escena que puede ser obtenida. Es por esta razón que el holograma de transmisión necesita ser iluminado con un láser altamente monocromático para reconstruir la escena. Al iluminar un holograma de transmisión con luz blanca, la imagen se ve borrosa [5].

2.2. Difracción de Fraunhofer

También conocida como difracción del campo lejano, es en este caso la fuente (al igual que la pantalla) se encuentran bastante alejadas del obstáculo, por lo que sobre éste y sobre la pantalla inciden ondas planas. La

difracción de Fraunhofer es, de esta manera, un caso particular de la difracción de Fresnel, y que también resulta más sencillo de analizar [6].

El patrón observado por una rejilla de difracción es el resultado de los efectos combinados de interferencia y difracción. Cada rendija produce difracción, y los rayos difractados interfieren entre sí para producir el patrón final. En la Figura 1 se puede apreciar que la separación de las rendijas es a y que las ondas recorren longitudes de camino óptico diferentes, donde la diferencia de las longitudes de camino óptico entre las ondas que provienen de dos rendijas adyacentes cualesquiera es igual a $asen\theta$, deduciéndose que para obtener interferencia de intensidad máxima, dicha diferencia debería ser igual a múltiplo entero de longitud de onda, es decir:

$$asen\theta = m\lambda \tag{1}$$

donde $m = 0, 1, 2, 3, \dots$, $m = 0$ corresponde al máximo central y a es la separación de las rendijas que caracteriza a la muestra [6].

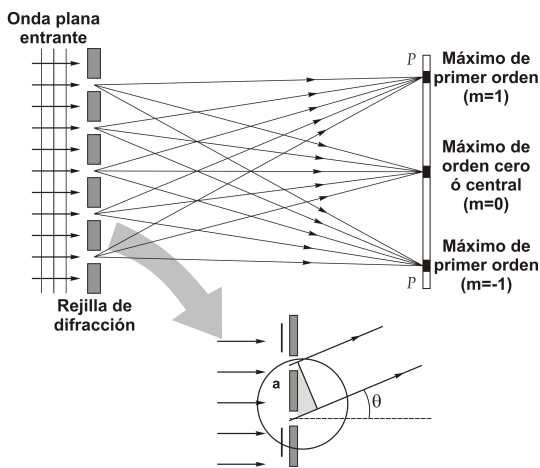


Figura 1. Vista lateral de una rejilla de difracción. La separación de las rejillas es a y la diferencia de trayectoria entre rendijas adyacentes es $asen\theta$.

2.3. Vainilla

La molécula de vainillina ($C_8H_8O_3$) es el componente de la vainilla, responsable de la reducción del comportamiento hidrosópico de la gelatina, de tal manera que la muestra holográfica no absorbe la humedad del medio. La estructura molecular de la vainillina (4 - hidroxí - 3 - metoxibenzaldehído) se muestra en la Figura 2 [4].

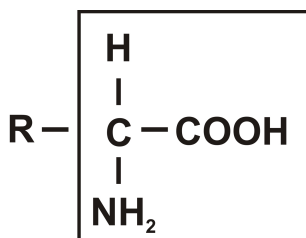


Figura 2. Estructura molecular de la vainillina.

3. Procedimiento Experimental

3.1. Preparación de la solución de vainilla con gelatina dicromatada

Para la preparación de la solución holográfica, en un vaso se calienta 50ml de vainillina hasta una temperatura de 70°C , durante 20 minutos, luego se vierte 1g de colapiz y $0,5\text{g}$ de dicromato de potasio, moviendo continuamente durante 10 minutos con ayuda de un agitador magnético y una bagueta, procurando que no se formen burbujas, por ser estas perjudiciales en la obtención de películas homogéneas [7]. La solución obtenida es depositada sobre sustratos de vidrio, y llevados a secar durante 24 horas a temperatura ambiente. Para sensibilizar la película se le da tratamiento térmico a 60°C durante 1 hora.

3.2. Grabado del patrón de interferencia en la película holográfica

La Figura 3 muestra un esquema del arreglo experimental utilizado para la obtención de los hologramas en las películas holográficas elaboradas.

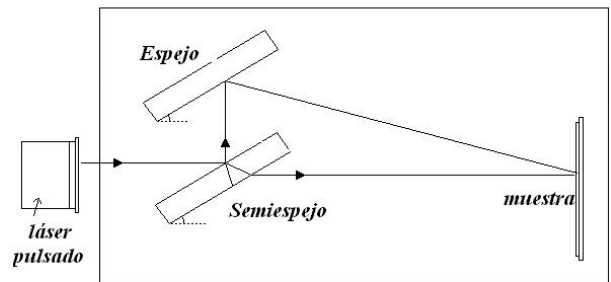


Figura 3. Esquema del arreglo experimental utilizado para la obtención de los hologramas por transmisión.

Para grabar el patrón de interferencia se utilizó un láser pulsado UV, previamente calibrado para este objetivo [3]; el haz láser es dividido en dos haces por medio de espejos, estos haces interfieren sobre la película holográfica durante un intervalo de tiempo de 10 a 15 minutos, la incidencia de uno de los haces debe ser normal a la superficie del sustrato de modo que la interferencia de los haces producida sobre la película holográfica sea lo más intensa posible.

Inmediatamente después, esta se sumergió en una solución de alcohol isopropílico durante 10 minutos, luego en agua destilada por 3 minutos aproximadamente, finalmente se deja secar la muestra durante 30 minutos en el horno a una temperatura de 50°C .

3.3. Medición de las dimensiones de las rejillas de difracción en el holograma

Para verificar que el método de grabación del patrón de interferencia actúa como una rejilla de difracción se hi-

zo incidir un haz laser sobre la película holográfica, como se puede apreciar en la Figura 4.

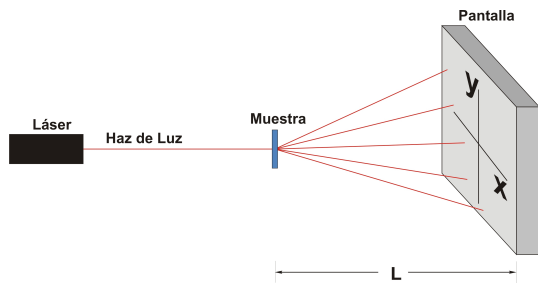


Figura 4. Esquema utilizado en el experimento para un valor de L , donde un haz de laser incide sobre la película holográfica y forma un patrón característico el cual es apreciado sobre la pantalla.

El haz de luz (Láser $He-Ne$ de $633nm$) se difractó al pasar por la película holográfica formando así un patrón de difracción sobre la pantalla, como se puede apreciar en las figuras 5a, 5b y 5c; donde se muestran las imágenes de los patrones obtenidos, en los cuales los máximos de intensidad se encuentran en un solo eje a cierta distancia del máximo central, dichas distancias fueron denotadas por x , obteniéndose así la Tabla 1, donde m indica el orden del máximo en el patrón de difracción.

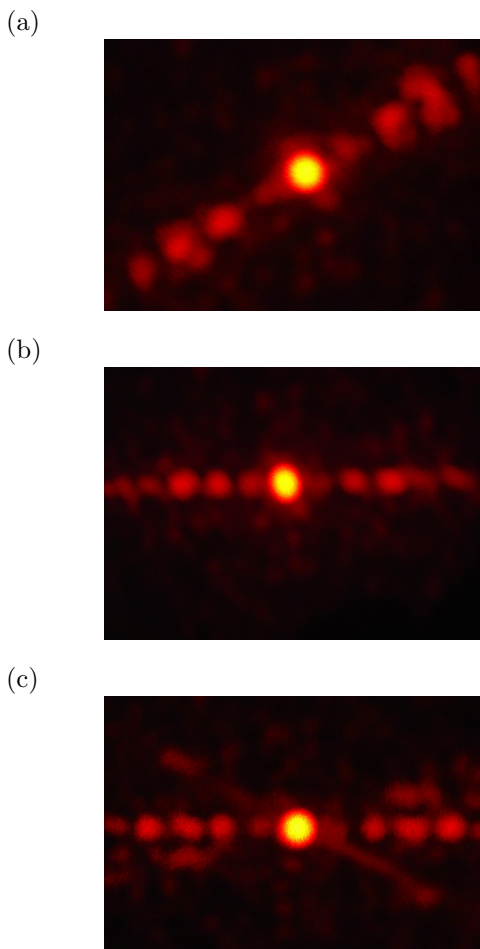


Figura 5. Patrón de difracción obtenido de la película holográfica: (a) muestra 1, (b) muestra 2, (c) muestra 3.

Teniendo en cuenta que $L \gg x$ en Figura 4 y utilizando la ecuación (1) podemos deducir:

$$\text{sen}\theta \approx \tan\theta = \frac{x}{L}$$

En (1):

$$a \frac{x}{L} = m\lambda \tag{2}$$

$$a = m \frac{L}{x} \lambda \tag{3}$$

Tabla 1. Distancias del máximo central hacia los máximos de amplitud del patrón de difracción obtenidos para cada muestra.

Muestra	1	2	3
L	179,1 $\pm 0,05cm$	174,5 $\pm 0,05cm$	182,5 $\pm 0,05cm$
m	$(x \pm 0,05)cm$	$(x \pm 0,05)cm$	$(x \pm 0,05)cm$
1	1,20	1,00	1,10
2	2,10	2,00	2,10
3	2,90	2,90	3,10
4	3,60	4,10	4,10

Mediante la ecuación (2) y considerando $\lambda = 633nm$, se obtienen los parámetros de red a mostrados en la Tabla 2, los valores de a resultan muy aproximados para cada orden m correspondiente a cada muestra, lo cual se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Distancia entre rendijas (a) para cada muestra.

Muestra	1	2	3
m	$a_1(\mu m)$	$a_2(\mu m)$	$a_3(\mu m)$
1	$0,94 \pm 0,04$	$1,10 \pm 0,06$	$1,05 \pm 0,05$
2	$1,08 \pm 0,03$	$1,10 \pm 0,03$	$1,10 \pm 0,03$
3	$1,17 \pm 0,02$	$1,14 \pm 0,02$	$1,12 \pm 0,02$
4	$1,26 \pm 0,01$	$1,08 \pm 0,01$	$1,13 \pm 0,01$
Promedio	$1,11 \pm 0,02$	$1,11 \pm 0,03$	$1,10 \pm 0,03$

3.4. Perfil de intensidad en el patrón de difracción

Para apreciar el cambio en las intensidades de amplitud del patrón de difracción, con respecto al máximo central, graficamos el perfil de intensidad para cada una de las muestras; lo cual es realizado mediante el software *Image J 1.42q*[8].

4. Observaciones

En la preparación de la solución holográfica, se variaron tres parámetros: la temperatura de la solución de vainilla, la proporción de los reactivos y el tiempo de calentamiento de la solución holográfica. En los primeros

intentos para obtener la solución holográfica, no se utilizó el agitador magnético, sólo la bagueta, con lo cual la mezcla obtenida no fue del todo homogénea.

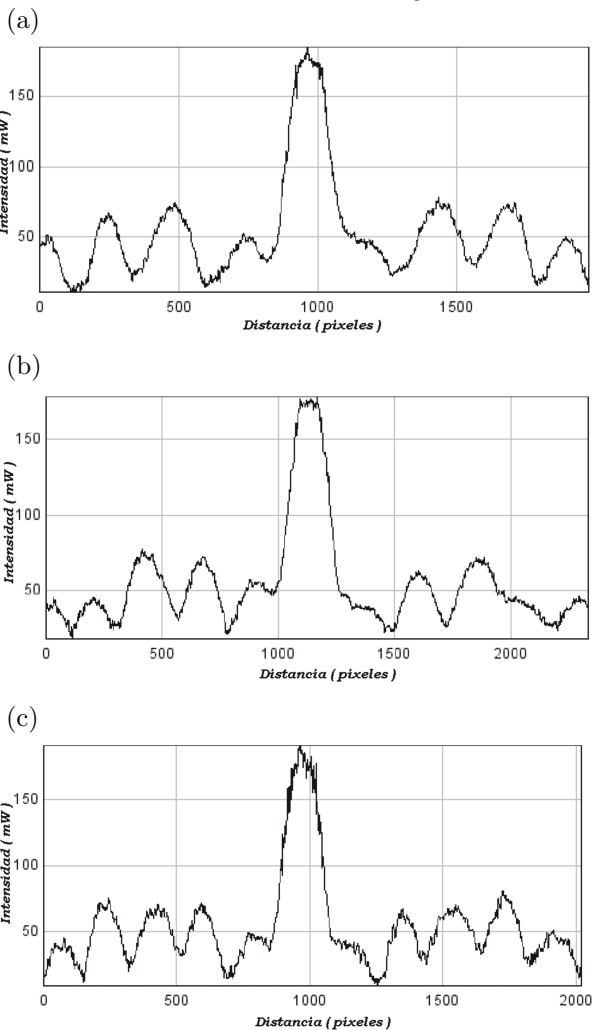


Figura 6. Perfil de intensidad del patrón de difracción de la película holográfica. (a) Muestra 1, (b) Muestra 2, (c) Muestra 3.

El tiempo óptimo de secado de la muestra dentro de una cámara a temperatura ambiente fue de 24h luego de depositar la solución de gelatina dicromatada en vainilla;

al dejarlo un mayor tiempo de secado, absorbe humedad; mientras que al dejarlo menos tiempo, la muestra todavía no tenía la rigidez necesaria para soportar la incidencia del láser pulsado, debido a presentar consistencia gelatinosa; para evitar ello era necesario que cada vez que se deseaba realizar la grabación del patrón de difracción en la muestra, se calentaba el sustrato con la película holográfica a 60°C durante una hora, con la finalidad de excitar térmicamente la muestra.

El láser debe incidir normalmente en la superficie de la muestra, además que la interferencia del haz láser reflejado y transmitido producida sobre la muestra debe ser lo suficientemente intensa para grabar el patrón en la misma.

Para observar el patrón de difracción, el haz de láser He-Ne debe incidir normalmente a la película holográfica; si la incidencia del haz no es normal a la película holográfica, la intensidad del haz disminuye y no se apreciaría el perfil de intensidad simétricamente respecto al máximo central introduciendo errores en el cálculo del parámetro de red de la rejilla de difracción.

5. Conclusiones

A partir de los patrones de difracción obtenidos, podemos afirmar que la película holográfica fabricada produce imágenes por difracción, las cuales son utilizadas para interferómetros o algún otro dispositivo; también pueden ser utilizadas como rejillas de difracción.

El perfil de intensidad del patrón de difracción obtenido para las tres películas holográficas, resultan ser similares, puesto que fueron preparadas bajo las mismas condiciones.

En experimentos posteriores, para mejor descripción de la formación del patrón holográfico, se debería mostrar el espectrograma de la muestra holográfica, para determinar la variación de la transmisión de energía a través del patrón de difracción y comparar con la distribución de los máximos amplitud de intensidad en la película holográfica.

Para reducir el grado hidrocópico en la película holográfica, podrían usarse otras sustancias en lugar de la vainilla, como esencia de eucalipto o alcanfor.

1. David Shell. Dichromated gelatin for holographic optical elements. SPIE Vol. 1212 Practical Holography IV. Pilkington Plc., Group Research, Optoelectronic and Coating Technologies, Pilkington Technology Centre, Hall Lane, Lathom, Ormskirk, Lancs, L40 5UF (1990).
2. H. Madjidi-Zolbanin. Methylene - blue sensitized dichromated gelatin holograms, a study of optimum coating and processing parameters. ISPIE Vol. 2885. Iran University of Science & Technology and Atomic Energy Organization of Iran (AEOI). Tehran (1996).
3. Aníbal Valera P. - Carmen Eyzaguirre. Óptica física. Instituto General de Investigación (IGI) 229-231. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - Perú (1997).
4. B. Pinto-Iguanero, A. Olivares-Pérez, A.W. Mendez-Alvarado, I. Fuentes-Tapia, C.G. Treviño-Palacios. Non-hydroscopic vanilla doped dichromated gelatin holographic material. Elsevier Science B.V. Department of Optics, Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Apdo. Postal 51 y 216, C.P. 72000. Puebla-México. (2003).
5. Graham Saxby Practical Holography Institute of Physics Publishing. Bristol and Philadelphia. p. 192-198. London - United Kingdom. (2004).
6. Eugene Hecht. Optics. Addison Wesley. p.450-456. San Francisco - United States. (2002).
7. Daniel Huamani Huaranja. Desarrollo de materiales holográficos: Técnica de gelatina dicromatada y películas de asfalto. p.30-35. Universidad nacional de Ingeniería. Lima - Perú. (2006).
8. Image J 1.42q. Wayne Rasband National Institutes of Health. USA. <http://rsb.info.nih.gov/ij>.