

Hologramas Digitales Sensibles al Color

M. Araiza E.¹, S. Guel S.², G. Miramontes¹, J.I. de la Rosa¹,
J. J. Villa¹, C. Sifuentes G.¹, E. García¹ y H. R. Fajardo², Carlos Ochoa¹

¹ Lab. de Procesamiento Digital de Señales, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica,
Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), Zacatecas, ZAC. -98000.
TEL: +(492)9239407, ext. 1518

² Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO), Universidad Autónoma de San
Luis Potosí (UASLP), San Luis Potosí, S.L.P. - 78000. TEL: +(444) 8250183, ext. 221
correo-e: araizama@cantera.reduaz.mx, sguel@cactus.iico.uaslp.mx

Resumen — Los hologramas generados por computadora son capaces de codificar varios objetos digitales monocromáticos. Recientemente se ha empezado a estudiar sobre el grado o tipo de sensibilidad que los hologramas digitales pudieran tener al color, representando un área de investigación importante. En este trabajo se presentan los resultados preliminares para implementar el color en los hologramas binarios.

Abstract— The computer generated holograms capable are to codify several monochromatic digital objects. Recently, study about the sensibility to color of digital holograms has began, an important research area. In this work, the first results to implement color in binary holograms are shown.

Palabras Clave — *Holograma digital, objeto digital monocromático, sensibilidad.*

I. INTRODUCCIÓN

EN un principio se creyó que no era posible realizar la simulación de un holograma óptico, pero una vez implementado el primer método de codificación, surgen di-

ferentes técnicas, naciendo así la holografía digital. Los procedimientos de codificación pueden almacenar desde uno a 12 objetos digitales (imágenes bidimensionales) que pueden determinar tanto el orden de difracción como la dirección de reconstrucción, de las imágenes recuperadas .

Sin embargo aunque, se han obtenido grandes avances en esta área, e incluso se han logrado nuevas aplicaciones, falta mucho por hacer. Entre otras cosas no se ha logrado superar en algunos aspectos a los hologramas ópticos. Una línea de interés relativamente nueva es estudiar el grado de sensibilidad al color que pudieran tener las rejillas de difracción digitales [1] - [4]. En esta línea ya hay algunos resultados con los kinoform es posible seleccionar la imagen del correspondiente láser utilizado [2], con los elementos ópticos difractivos (de sus siglas en inglés DOE) es posible almacenar múltiples páginas en el DOE generando por computadora mediante determinadas longitudes de onda, realizándose un multiplexado y demultiplexado [3] y [4].

En este trabajo se presentan los primeros re-

sultados sobre la sensibilidad al color en los hologramas tipo detour. En la sección II, se presenta un análisis significativo del procedimiento utilizado y algunos conceptos bien conocidos sobre el color. En la sección III, se muestran y analizan los resultados experimentales. Finalmente, en la sección IV se presentan las conclusiones y algunos comentarios.

II. CODIFICACIÓN Y DESARROLLO

No se profundizará mucho en el método de codificación holográfico utilizado, ya que este puede verse en algunas de las siguientes referencias [5] y [6]. Dándosele mayor énfasis a algunos conceptos bien conocidos.

Como se sabe los objetos utilizados en los hologramas tipo detour son binarios, es decir son blanco y negro, así que buscando la manera de implementar el color se hizo una prueba muy sencilla.

En la Figura 1 se muestra un haz de luz (de una determinada longitud de onda), incidendo sobre una rejilla de difracción, en donde los ordenes de difracción (m) depende de la longitud del haz incidente (λ_i), lo cual se puede explicar con la siguiente ecuación:[7]

$$a \sin \theta_m = m \lambda_i \quad (1)$$

donde a determina la separación de las ranuras (u orificios), θ es el ángulo de difracción con respecto al eje óptico, $i = 1, 2$ siendo las longitudes de los láseres rojo y azul.

Se propone que mediante la manipulación de las rejillas de difracción generar imágenes a color. Recuperando las imágenes de los dos láseres, en el mismo orden.

III. RESULTADOS

Los hologramas generados fueron calculados con el paquete de MATLAB y graficados

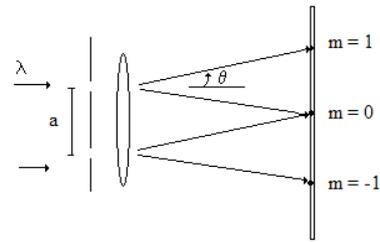


Figura 1. Geometría de dos rejillas.

con el PostScript. Se genera un holograma de 250×250 celdas. El holograma graficado es reducido fotográficamente, de tal forma que pueda difractar la luz que se le haga incidir. Posteriormente se coloca el holograma (HGC) en un sistema óptico como el que se muestra en la Figura 2. Como se puede ver en la figura, el sistema óptico esta compuesto de un láser de Helio Neón (He Ne) y uno de Argón (Ar), cuyas longitudes son $632nm$ y $514nm$, respectivamente. Estos láseres inciden sucesivamente sobre un lente divisor, un objetivo de microscopio y un pinhole. El haz una vez colimado por la primera lente se enfoca en un plano con ayuda de una segunda lente. Cuando este conjunto de haces incide sobre el holograma, se reconstruyen en el plano de la imagen o plano focal trasero las imágenes originales y sus conjugados,

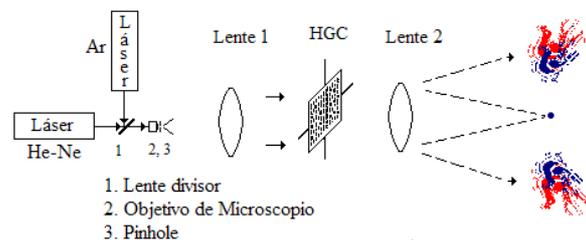


Figura 2. Sistema óptico con dos láseres.

Las pruebas de laboratorio se analizan a continuación. En la Figura 3 se muestran los objetos digitales utilizadas en la codificación. Cabe hacer notar que el valor de los pixeles es binario, es decir, $0 = \text{negro}$ ó $1 = \text{blanco}$.

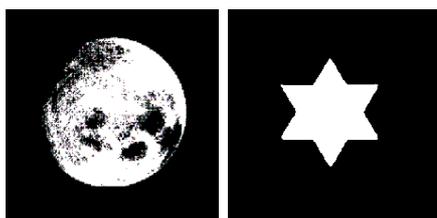


Figura 3. Objetos binarios digitales usados en el experimento.

En la Figura 4 se muestran las imágenes recuperadas. Como se puede apreciar existe un traslape de las imágenes recuperadas con el haz azul y el haz rojo. Cabe aclarar que las imágenes más pequeñas son recuperadas con el haz azul y las más grandes corresponden al haz rojo.



Figura 4. Imágenes recuperadas sin filtro.

Al colocar alguno de los filtros (azul o rojo) junto al holograma las imágenes recuperadas que se observan son las correspondientes al filtro utilizado. Como se puede ver en la Figura 5.

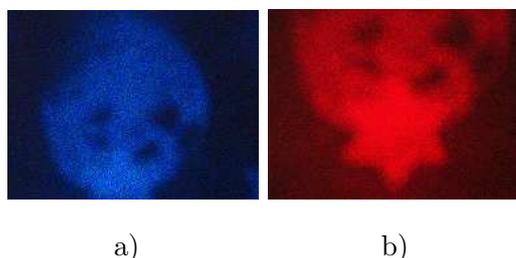


Figura 5. Imágenes recuperadas usando: a) un filtro azul, y b) un filtro rojo.

IV. CONCLUSIONES

Se concluye que no importa con que frecuencia se grafiquen los patrones de franjas, las

imágenes se recuperan simultáneamente.

Además, se observa un fenómeno bien conocido [7], las imágenes recuperadas con diferente haz aparecen en el orden uno con un pequeño desfase entre ellas, es decir, las imágenes recuperadas con el haz azul están más cerca del orden cero, que las recuperadas con el haz rojo. Además, las imágenes recuperadas con el haz rojo son más grandes que las recuperadas con el haz azul.

Una aplicación de las rejillas de separación del color de este tipo puede ser en la generación de imágenes a color, superpuestas, semejante a un canal óptico de multiplexado.

RECONOCIMIENTOS

Uno de los autores (Araiza, M.) agradece el financiamiento parcial a PROMEP, para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Damman, H. "Color separation gratings", *Appl. Opt.* No. 15, Vol. 17, pp. 2273 - 2279, (1978).
- [2] Bengtsson, J. "Kinofoms designed to produce different fan-out patterns for two wavelengths", *Appl. Opt.* No. 11, Vol. 37, pp. 2011 -2020 (1998).
- [3] Levy, U., Marom, E., and Mendlovic, D. "Simultaneous multicolor image formation with a single diffractive optical element", *Opt. Letters* No. 15, Vol. 25, pp. 1149 -1151, (2001).
- [4] Borgsmüller, S., Noehte, S., Dietrich, C., Kresse, T., and Männer, R. "Computer-generated stratified diffractive optical elements", *Appl. Opt.* No. 26, Vol. 42., pp. 5274 - 5283 (2003).
- [5] Araiza, M., Guel S., Lastras, A., de la Rosa J. I., Miramontes G. "Multichannel holograms with some applications in image processing", V Simposio La Óptica en la Industria, 8 - 9 Septiembre, Santiago de Querétaro, Mex.,(2005).
- [6] Araiza, M., Guel, S., Ojeda, J., "Multichannel image storage with image processing capabilities", *Opt. Comm.* vol. 230, pp. 131 - 135 (2004).
- [7] Zajac, H. "Óptica", Estados Unidos, Ed. Addison Wesley, pp. (1977) pp. 351 - 372, (1995).