

CONSTRUCCIÓN DE PANTALLAS HOLOGRÁFICAS CON DISPERSIÓN VERTICAL Y SU APLICACIÓN EN ESTEREOSCOPÍA

J. J. LUNAZZI^{a†}, R. L. SERRA TOLEDO^b, D. S. F. MAGALHÃES^a

a) Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidad Estadual de Campinas, Brasil; lunazzi@ifi.unicamp.br, dsfmagalhaes@gmail.com

b) Departamento de Física, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba. serra@electrica.cujae.edu.cu
†autor para la correspondencia

La estereoscopia es una técnica que permite la observación de imágenes tridimensionales, sin embargo está siempre asociada al uso de algún dispositivo especial para su visualización, como espejuelos bicolores o polarizados. Para el uso en aplicaciones médicas el empleo de estos dispositivos pudiera imposibilitar su utilización durante procedimientos quirúrgicos, por ejemplo. En este trabajo presentamos la descripción de la obtención de un nuevo tipo de pantalla holográfica que permitió el desarrollo de un estereoscopio para generación de imágenes tridimensionales sin el uso de cualquier dispositivo adicional. Describimos el sistema óptico del estereoscopio así como mostramos resultados de las imágenes visualizadas.

The stereoscopy is a technique that allows the observation of three-dimensional images, but it is usually related with the use of special devices to their visualization, such as bi-color or polarized goggles. In medical applications the use of these equipments could restrain their use in surgical procedures, for example. In this work we present the description that shows how to obtain the holographic screen that makes possible a stereoscope without using any other special device to generate three-dimensional images. We describe the optical system of the stereoscope and show the resulting images.

Palabras Clave. Pantallas holográficas 42.40. -i, Imágenes tridimensionales 42.30. Wb, Estereoscopia. 42.30 Va

INTRODUCCIÓN

La estereoscopia permite la visualización en tercera dimensión completa, es una técnica casi tan antigua como la fotografía y tiene aplicaciones en fotografía, en el cine[1], en la televisión[2] y en técnicas de levantamiento geodésico, por ejemplo. Esta técnica siempre necesita de espejuelos o visores especiales que limitan los movimientos de la persona que desea alternar su uso con la utilización de pantallas convencionales, como puede ser el caso de un cirujano durante la cirugía o un operador de tráfico aéreo. Eliminar la necesidad del uso de los espejuelos torna más higiénica la visualización para un número mayor de personas porque evita el uso de los mismos espejuelos para personas distintas o es más económico al no tener que utilizar un espejuelo para cada observador.

Las pantallas holográficas[3] son difusores direccionales difractivos donde el campo vertical de observación es extendido por el uso de un difusor durante su obtención.

Una de las variantes de la pantalla holográfica[3], elemento que está siendo desarrollado desde el año 1987[4-6], ofrece la posibilidad de su utilización para la creación de imágenes estereoscópicas en colores.

En este trabajo presentamos la descripción detallada del diseño utilizado para la obtención de esta nueva variante de pantalla holográfica, llamada Pantalla Holográfica Verticalmente Dispersiva

(PHVD). Describimos el sistema óptico que forma el estereoscopio desarrollado que permite la visualización de imágenes tridimensionales sin el uso de cualquier dispositivo adicional y mostramos las imágenes tomográficas obtenidas con este sistema.

DESCRIPCIÓN

Grabación holográfica de la Pantalla Holográfica Verticalmente Dispersiva

Para la obtención de la Pantalla Holográfica Verticalmente Dispersiva utilizamos la técnica holográfica de registro del interferograma en una película holográfica mediante la superposición de dos haces láser.

El diseño para su obtención es mostrado en la Figura 1. El haz colimado de un láser de He-Ne de 30 mW (L) es dividido por un divisor de haces variable (BS) y subsecuentemente cada haz es reflejado por un espejo plano (M). El haz de referencia llega al filtro espacial (SP) e ilumina la película holográfica (HF). El haz objeto se forma mediante una lente cilíndrica (CL) de distancia focal 3.8 mm que hace divergir el haz creando una línea difusora horizontal que llega al difusor (D). La línea difusora obtenida tiene como características fundamentales 6 mm de espesor y 200 mm de largo. El aumento del espesor de la línea difusora trae como consecuencia un aumento del campo de observación, por esto utilizamos una lente divergente (DL) inmediatamente después de CL. El elemen-

to que produce la difusión era una triple camada de nylon apretado entre dos láminas de vidrio fino. El ángulo empleado fue de 45° y las distancias eran D-HF= (58.5±0.5) cm, CL-D= (29±1) cm, SP-HF= (237±3) cm. La distancia focal de referencia (eq.1) es determinada por la proyección normal a la película de las distancias SP-HF y D-HF, z_r y z_o respectivamente, como muestra la Figura 2.

$$f = \left(\frac{1}{z_r} - \frac{1}{z_o} \right)^{-1} \quad (1)$$

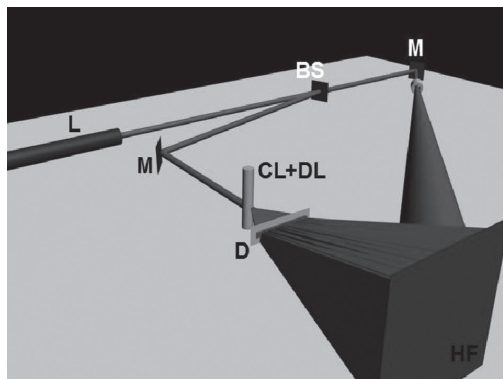


Figura 1: Diseño empleado en la obtención de la Pantalla Holográfica Verticalmente Dispersiva.

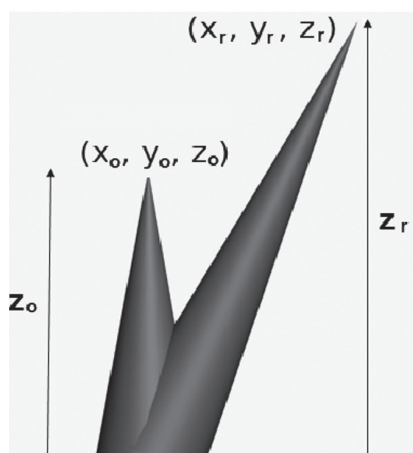


Figura 2: Determinación de la distancia focal de referencia en la Pantalla Holográfica Verticalmente Dispersiva.

Estereoscopio con Pantalla Holográfica

La pantalla holográfica proyecta en la posición del observador una distribución de luz que es la imagen holográfica del difusor utilizado durante la grabación holográfica.

En la Figura 3 mostramos como la Pantalla Holográfica Verticalmente Dispersiva posiciona esta imagen en función de la longitud de onda. Escogiendo tres colores del espectro continuo para ejemplificar, dejaremos la idea de los colores intermedios para el lector.

En la Figura 3 las imágenes se superponen solamente de forma parcial para ilustrar mejor la situación, posibilitando el entendimiento de que si el difusor usado fuera más grande, la región

de superposición sería también mayor, manteniendo los colores originales de la escena.

En la Figura 4 mostramos cómo deben ser colocados los dos proyectores en incidencia vertical, o sea, desde abajo o desde arriba, para que cada ojo del observador reciba solamente la imagen que proviene de cada proyector.

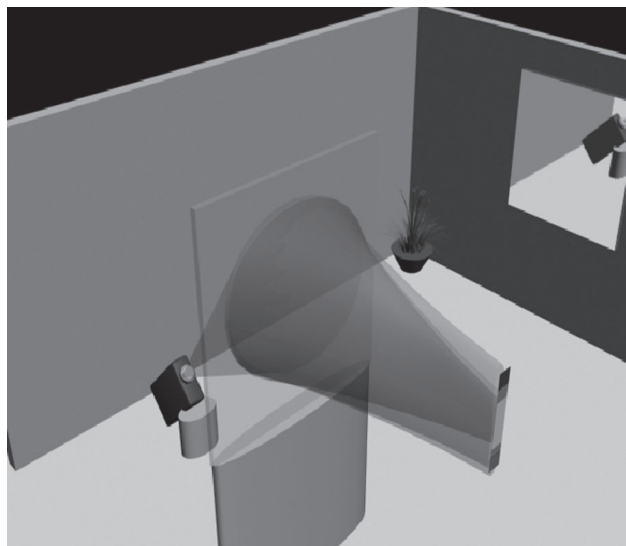


Figura 3: Posición de las imágenes del difusor como función de la longitud de onda. La iluminación ocurre desde abajo.

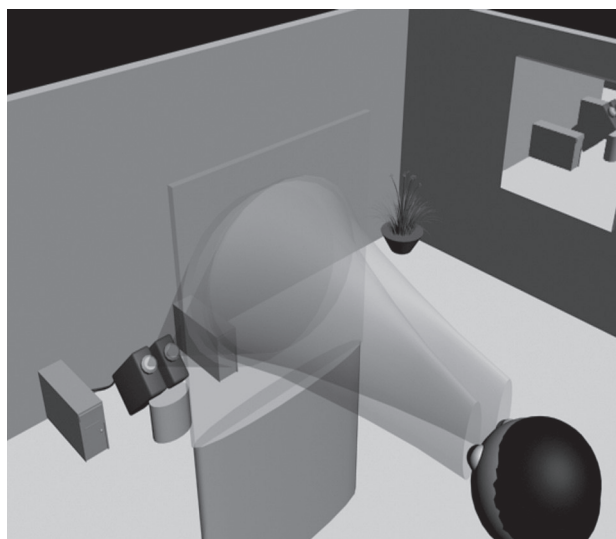
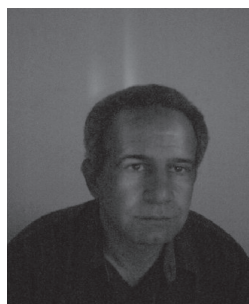


Figura 4: Proyección superpuesta en la pantalla de dos proyectores, cada uno generando un campo de visión diferente en la posición del observador.



La Figura 5: La distribución de luz que llega a los ojos del observador.

La diferencia de las posiciones laterales de los proyectores genera diferentes posiciones laterales para el campo del observador. La proyección oblicua genera el efecto trapecio, fácilmente corregible por los proyectores, sin embargo la oblicuidad lateral genera un efecto de distorsión diferenciado que es pequeño y que despreciamos en un primer momento.

Con la distancia focal obtenida en la grabación de la Pantalla Holográfica Verticalmente Dispersiva, el observador debe posicionarse a 2 m de la pantalla para que pueda visualizar la imagen debidamente focalizada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Utilizando el diseño presentado hemos obtenido pantallas holográficas de 40 x 30 cm con eficiencia de difracción para el rojo de $(3,5 \pm 0,7) \%$ y 2 cm de extensión del campo horizontal de observación. El campo vertical de observación llega a 15 cm en el blanco.

Para la obtención de la imagen estereoscópica utilizamos dos proyectores Viewsonic modelo PJ503D, cada uno como un componente de la imagen estéreo, colocados en el piso a 1,2m de distancia de la pantalla. La pantalla y el observador estaban a la altura media de 1,2m. El observador tenía su posición más adecuada a 1,3m de la pantalla.

En la Figura 6 se muestra el par estéreo de una tomografía de cráneo. En la imagen de la izquierda se puede ver la visualización del ojo izquierdo y la imagen a la derecha muestra la visualización del ojo derecho.

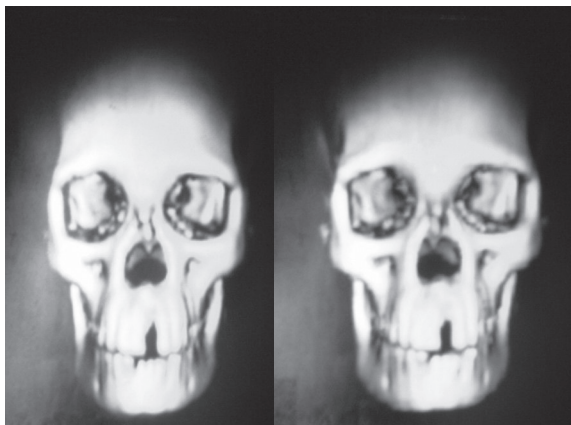


Figura 6. A la izquierda, visión de la pantalla por el ojo izquierdo. A la derecha, visión de la pantalla por el ojo derecho.

Esta imagen es vista en el color blanco, lo que muestra que este estereoscopio es capaz de producir imágenes en colores. La visión resultante es equivalente a la de un buen estereoscopio, considerando la resolución limitada que dispusimos en el momento de 800 x 600 pixels.

CONCLUSIONES

Con el sistema descrito en este trabajo se obtuvo un nuevo tipo de pantalla holográfica, clasificada como Pantalla Holográfica Verticalmente Dispersiva, con un área efectiva de 1200 cm² y eficiencia de difracción para el rojo de 3,5%.

Utilizando esta pantalla se pudo obtener un sistema estereoscópico generador de imágenes tridimensionales. Este sistema puede ser empleado para visualización tridimensional de tomografías sin el uso de cualquier equipamiento especial. La limitación del sistema radica en el reducido campo horizontal de visualización para el observador.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alexandre Falcão por las imágenes tomográficas y el software que las genera. A la familia Baumstein por la donación de elementos ópticos y de película holográfica.

- [1] U2 3D, Directed by C. Owens and M. Pellington, 2008
- [2] Hyundai E465S 3D Stereoscopic LCD TV. Disponible en: <http://www.koreatimes.co.kr/www/news/biz/2008/04/123_22514.html>
- [3] J. J. Lunazzi, "Procédé et dispositif pour projeter et observer des images différenciées ou stéréoscopiques, dessins, photographies, films cinématographiques ou video", INPI-FR, No 8907241, 1992.
- [4] J. J. Lunazzi, P.M. Boone "3D image projection using large diffractive screens", SPIE 2333, Proc. of the International Symposium on Display Holography, Lake Forest, USA, 1994.07.15-18, p.449-453.
- [5] J. J. Lunazzi, M. Diamand, "Volume images vector display based on a diffractive screen", Optical Review, Vol. 6, No. 6 (1999) p.513-517.
- [6] J. J. Lunazzi, D.S.F. Magalhães "Descrição dos sistemas mais atuais de demonstração de imagens tridimensionais a olho nu, do papel das telas holográficas neles, e de sistemas pseudo-3D", encontro latinoamericano "LatinDisplay 2007", Hotel Nacional Inn, Campinas-SP-BR, 12-15 de novembro de 2007.