

CARACTERIZACIÓN LOCAL Y GLOBAL DE LA TORSIÓN DEL EJE DIRECTOR Y GLOBAL DE MODULACIÓN EN AMPLITUD DE LA PANTALLA DE CRISTAL LIQUIDO SHARP VISION XV-H35U

Zandra Lizarazo Mejía, Rafael Torres Amaris, Jáder Guerrero Bermúdez
César Torres Moreno, Yezid Torres Moreno
Grupo de Óptica y Tratamiento de Señales
Universidad Industrial de Santander, A.A.678, Bucaramanga, Colombia.
Email: ytorres@uis.edu.co

13 de noviembre de 2002

RESUMEN Es bien conocido el empleo de pantallas de Cristal Liquido LCTV como moduladores espaciales de luz tanto en fase como en amplitud^[1] ^[2]. Las LCTV extraídas de un proyector de gran comercialización, constituyen una atractiva forma de obtener moduladores por su razonable precio Vs propiedades ópticas exhibidas^[3]. Como consecuencia de no haber sido diseñadas para estos propósitos, es necesario realizar su caracterización con el fin de evaluar su mejor desempeño. Generalmente un estudio global de las propiedades es considerado, para ángulo de torsión y modulación acoplada, pero aquí se propone una nueva técnica basada en una caracterización local, de tal manera que la LCTV es estudiada en varias zonas en las cuales las características del ángulo de torsión son medidas.

ABSTRACT It is very well known the employment of liquid crystal televisions LCTV like spacial light modulators so much in phase like in amplitude. The LCTV extracted of a projector of great commercialization, constitutes an attractive way of to obtain modulators for their reasonable price and optic properties. Like consequence it have not been designed for these purposes, it is necessary carry out their characterization with the purpose of evaluating their better develop. Generally a global study of the properties is considered, for torsion angle and coupled modulation, but it here proposes a new study based on technique a local characterization, of such way that the LCTV is studied in several zones in which the characteristics of the angle of torsion are measured.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo inicialmente es presentado el modelo teórico de la propagación de la luz en cristales líquidos nemáticos helicoidales (twisted nematic liquid crystal); en la sección 2 se muestra la geometría de la pantalla roja extraída de un proyector de vídeo Sharp Vision, de la Sharp Corporation IncTM., Modelo XV-H35U, finalmente en la sección 3 se estudian los comportamientos locales y el comportamiento global en cuanto al máximo ángulo de torsión y modulación en el régimen acoplado del televisor de cristal líquido^[4].

2. MODELO MATRICIAL DE JONES DE LA PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN CRISTALES LÍQUIDOS NEMÁTICOS HELICOIDAL

La propiedad óptica más notable de los cristales líquidos nemáticos helicoidales, es la variación de la dirección del eje óptico en forma paralela a la torsión de sus moléculas. Debido a estas variaciones, en forma de una hélice (de ahí su nombre), se constituyen en un medio anisotrópico para la propagación de la radiación luminosa, los cuales pueden ser tratados en cada estrato molecular como cristales uniejes. En la figura 1, se muestra el cambio del eje molecular y paralelo a este el eje óptico para los diferentes planos x-y, cuando la hélice es formada a lo largo del eje z.

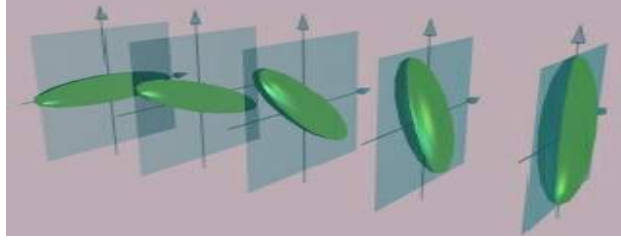


Figura 1: Rotación del eje molecular y eje óptico de un cristal líquido nemático helicoidal

Una manera eficiente para describir la propagación de la luz polarizada en los cristales, es el formalismo matricial de Jones^[5]. Por simplicidad, supongamos que la dirección del eje director en el plano de entrada (plano de la izquierda) se encuentra paralela al eje x, si d es el espesor del cristal, su ángulo de torsión es igual a αd , donde α es el coeficiente de torsión (grados/longitud). La matriz de Jones del cristal puede ser escrita en estas condiciones como:

$$M = \exp(-j\Phi d) \begin{bmatrix} \cos(\alpha d) & \sin(\alpha d) \\ -\sin(\alpha d) & \cos(\alpha d) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \exp(-j\frac{\beta d}{2}) & 0 \\ 0 & \exp(j\frac{\beta d}{2}) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Donde:

$$\beta = (n_e - n_o)k_0, \quad \Phi = \frac{(n_e + n_o)}{2}k_0 \quad (2)$$

n_e y n_o son los índices de refracción extraordinarios y ordinarios respectivamente y λ , la longitud de onda. A continuación se describe el proceso de modulación de amplitud. Si una onda polarizada linealmente a lo largo del eje y (es decir perpendicular al eje director en el plano de entrada) incide sobre el cristal, la onda se propagará perpendicular al eje óptico de este, sin sufrir ningún cambio del plano de polarización, siempre que un campo eléctrico externo oriente las moléculas paralelo al eje z (como es mostrado en la figura 2). Cuando no existe campo eléctrico externo las moléculas tienen su hélice característica y giran el plano de polarización de la onda incidente hasta 90° , de modo que colocando un analizador apropiadamente, es posible obtener para diferentes valores de campo, diferentes intensidades de luz transmitida. Como puede observarse la modulación de amplitud en los cristales nemáticos helicoidales va acompañada de una modulación de fase, esto constituye realmente la modulación en régimen acoplado^[6].

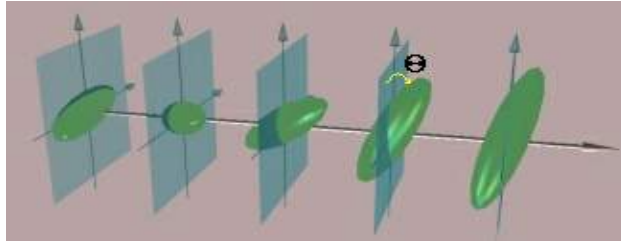


Figura 2: Orientación del eje molecular de los cristales líquidos nemáticos helicoidales en el régimen de modulación en amplitud

3. CARACTERÍSTICAS DE LA PANTALLA ROJA DEL PROYECTOR DE VÍDEO Sharp Vision, Modelo *XVH35U*

3.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PANTALLA

La pantalla de cristal liquido utilizada en el presente trabajo es tomada de un proyector de vídeo Sharp-Vision, modelo XV-H35U. Este proyector contiene tres pantallas, las cuales despliegan las imágenes respectivas para el color rojo, verde y azul. Los aspectos caracterizados en este trabajo son hechos sobre la pantalla roja. Cada una de las pantallas del proyector están compuestas de 112.320 píxeles de forma hexagonal, con un área activa de aproximadamente $56 * 80 \mu m^2$. La distancia centro a centro del pixel es de $129 \mu m^2$ x $212,6 \mu m^2$. Las dimensiones de la pantalla son 4,5 cm de alto por 6,5 cm de ancho. Cada píxel de la matriz consta de un transistor de película fina (TFT, Thin Films Transistor), es decir uno por cada pixel (Ver figura 3)^[7].

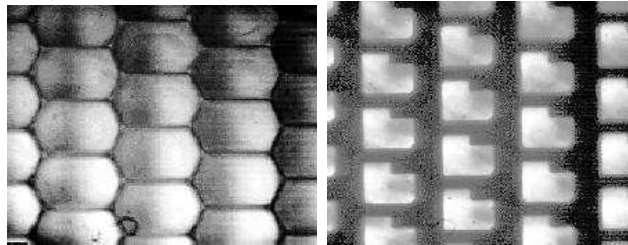


Figura 3: Imagen al microscopio de los píxeles y los TFT del LCTV

4. CARACTERIZACIÓN GLOBAL Y LOCAL DEL ÁNGULO MÁXIMO DE TORSIÓN Y GLOBAL DE MODULACIÓN EN AMPLITUD DE UNA PANTALLA DE CRISTAL LIQUIDO NEMÁTICO HELICOIDAL

La figura 4, muestra el equipo experimental utilizado para las medidas del ángulo máximo de torsión del eje director de la pantalla de cristal líquido. Un haz láser de He-Ne

con $\lambda=633\text{nm}$, es filtrado espacialmente, colimado y linealmente polarizado, los polarizadores (polarizador y analizador) utilizados son marca EalingTM, estos presentan un poder de extinción > 40.000 ($\lambda=633\text{nm}$) y una precisión en el apagado de $\pm 0.2^\circ$. El haz de luz polarizado incide normalmente sobre una de las caras del LCTV, de manera que es posible encontrar el ángulo máximo de torsión del eje óptico de las celdas del cristal líquido, girando el analizador, con el fin de anular la intensidad luminosa que llega al detector (El fotómetro utilizado es marca *NewportTM*, 1815-C, 818-SL, Las medidas analógicas son digitalizadas, mediante un convertidor análogo digital de la *Hewlett-Packard 59313A*). Para diferentes orientaciones del polarizador, cuando ningún campo externo es aplicado, el analizador es rotado obteniéndose un mínimo para cada posición de este, el menor valor de estos mínimos, nos indica que el haz de luz incide paralela o perpendicularmente a la dirección del director sobre esa cara del cristal líquido. Posteriormente la pantalla es volteada y la operación de localización del menor de los mínimos es repetida, de modo que la dirección del director en esta otra cara es conseguida. La diferencia de los ángulos obtenidos nos proporciona el máximo ángulo de torsión de la pantalla. El método para modular en el régimen de amplitud se hace colocando la matriz de cristal líquido entre dos polarizadores cruzados, de tal manera que si se aplica una gran diferencia de potencial el eje óptico se alinea en dirección de propagación de la luz, sin presentarse rotación del plano de polarización^[6]. Si no es aplicada ninguna diferencia de potencial, el plano de polarización de la luz será rotado 90° . La dependencia del plano de polarización del voltaje aplicado es lo que se usa para controlar la modulación en amplitud. Se direcciona la pantalla de cristal líquido mediante una tarjeta de vídeo *PIP-MATROX 1024B* que digitaliza en un formato de 480×512 píxeles en 256 niveles de gris. De tal manera que se coloca un nivel de gris en la pantalla y se lee el valor de la intensidad mediante el fotodetector^[8], dicho valor es digitalizado, además se evalúa para que combinación de parámetros (color, picture, sharpness, brigh y tint) del proyector se tiene la curva nivel de Gris Vs Intensidad, con el mayor rango de linealidad.



Figura 4: Montaje para la determinación de la torsión del eje director del televisor de cristal líquido

4.1. CARACTERIZACIÓN GLOBAL DEL ÁNGULO DE TORSIÓN DE LA PANTALLA

Los mínimos encontrados en las intensidades, corresponden a las direcciones del polarizador con respecto al sistema de laboratorio de $48.5^\circ \pm 0.4$, para una de las caras de

zonas	cara 1 Precisión $\pm 0,4^\circ$	cara2 Precisión $\pm 0,4^\circ$	torsión máxima del eje óptico Precisión $\pm 0,8^\circ$
1	46.1	135.1	89.0
2	48.3	138.5	89.8
3	45.3	135.9	89.4
4	47.8	139.1	88.7
5	49.0	141.7	87.3
6	47.3	137.9	89.4
7	45.9	137.4	88.5
8	47.1	137.8	89.3
9	45.3	137.4	87.8

Cuadro 1: Torsión calculada experimentalmente para cada zona

la pantalla y $140,1^\circ \pm 0.4$ para la otra. De acuerdo a estas medidas el ángulo máximo de torsión del eje director es $88.5^\circ \pm 0.8$.

4.2. CARACTERIZACIÓN LOCAL DEL ÁNGULO DE TORSIÓN DE LA PANTALLA

Por caracterización local, se entiende el estudio de zonas en las que se ha fraccionado la totalidad de la pantalla, en este caso hemos considerado nueve orificios de igual tamaño (ver figura 5), cada orificio con un diámetro de 6mm, y comprende un área de cerca del 4 % del área total del LCTV; se fabricaron dos mascarar en cartulina negra las cuales recubrieron la pantalla de cristal líquido. En la tabla 1, se registran las medidas obtenidas para el ángulo de torsión, para las nueve zonas consideradas. Estas medidas son deducidas a partir de la obtención de mínimos absolutos, para diferentes posiciones del plano de polarización de entrada y del analizador. Una representación pictórica de estas es mostrada en la figura 6. En la figura 7 se presenta una superficie de las variaciones del ángulo de torsión. Obsérvese la no-homogeneidad al hacer la caracterización local.

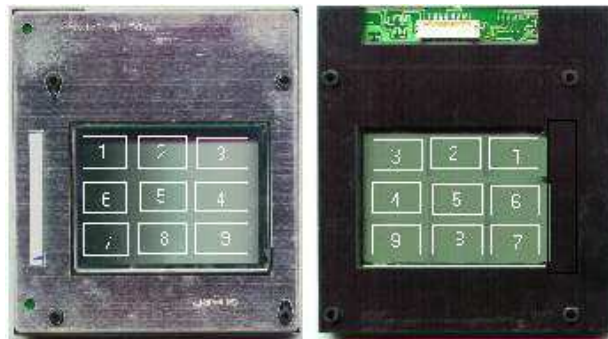


Figura 5: Montaje para la determinación de la torsión del eje director del televisor de cristal líquido

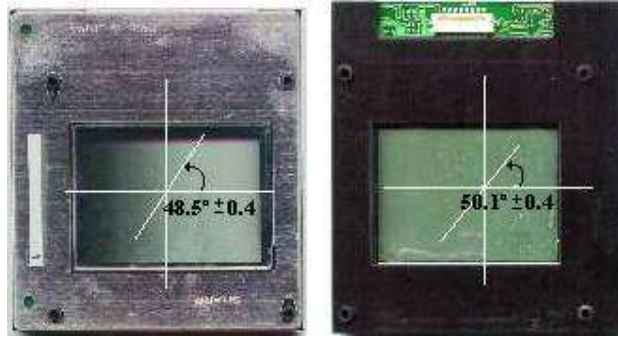


Figura 6: Orientación del eje director sobre las caras de la pantalla, (en trazo continuo). Cara 1 (izquierda), cara 2 (derecha). La línea discontinua muestra la orientación del analizador para la posición de los mínimos absolutos

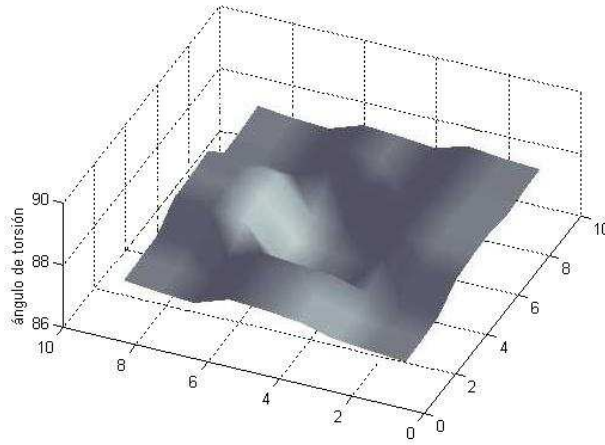


Figura 7: Superficie de las variaciones del ángulo de torsión sobre las diferentes zonas en la pantalla de cristal líquido

4.3. CARACTERIZACIÓN GLOBAL EN AMPLITUD DE LA PANTALLA

En el proceso de experimentación se encontró que los parámetros color, tint y sharpness no afectan la intensidad transmitida, y fueron fijados a cero. Los parámetros de picture y bright para los cuales la curva tiene el mejor comportamiento figura 8, son 15 y 9 respectivamente, representada en la gráfica con el color azul.

5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Se ha logrado caracterizar localmente el ángulo de torsión de la pantalla de cristal líquido nemático helicoidal. Los resultados obtenidos son motivantes puesto que se encontraron variaciones estadísticas importantes en las zonas estudiadas, el ángulo de torsión puede variar de un sector a otro hasta un máximo de $2.1^\circ \pm 0.8$. Diferencias de este orden deben ser manejadas con sumo cuidado cuando un dispositivo de esta naturaleza es utilizado en un sistema híbrido óptico-digital. El enfoque de caracterización local, no re-

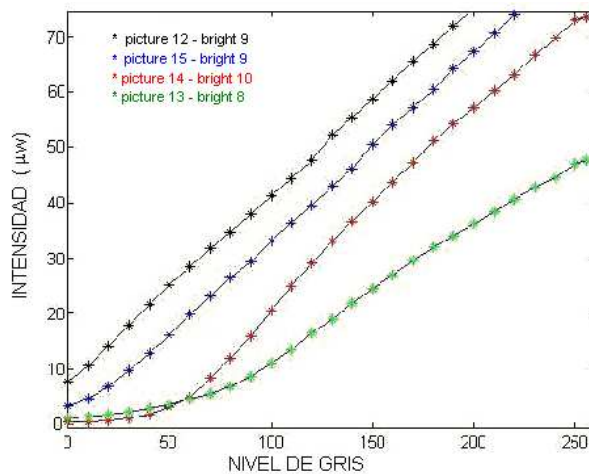


Figura 8: Modulación en amplitud de la matriz de cristal líquido

portado en la literatura y probablemente no muy habitual, se extenderá a otros parámetros que necesitan ser empleados en los diferentes regímenes de modulación ya sea fase, amplitud o acoplada. Consideramos necesario, a la luz de los resultados parciales obtenidos que un enfoque local no debe ser algo optativo sino de rigor cuando un modulador espacial de luz es usado en un sistema de procesamiento óptico. De manera satisfactoria se ha logrado caracterizar globalmente la pantalla de cristal líquido en el régimen de amplitud ya que se encontró la curva que muestra el mayor rango de linealidad de intensidad contra nivel de gris.

Referencias

- [1] J.W.Goodman, *Introduction to Fourier Optics* McGraw-Hill. Second Edition. New York.1996.
- [2] C. David, *Spatial light Modulators* Proceedings of the IEEE. January.1997.
- [3] K. James,G. Don, T. Melissa, J. Brian, *Modulation characteristics of the Epson liquid crystal Television* Opt.Eng. Vol. 31. No.5. p.p 963-970. May. 1992.
- [4] S. Bahaa,T. Malvin,*Fundamental of Photonics* John Wiley Sons, Inc.New York. 1991.
- [5] L. Kanghua, S. Bahaa, *Theory and design of the liquid crystal TV as an optical spatial phase modulator* Opt.Eng., Vol. 29. No. 3. p.p 240-246. March. 1990.
- [6] K.Styczynski, *Liquid crystal spatial lighth modulator as a dynamic optical phase and amplitud information carrier* Warsaw University. Physics Department. March. 1995.
- [7] M. Garret,C. Boulder,B.Pierre,*Improvenments in spatial light modulators (SLMs) and expanding their applications*. Barbier and Moddel describe how SLMs, work and provide insight into the latest SLM applications. Optics Photonics news. p.p 17-21. March. 1997.
- [8] M. Florez, And M. Barrera, *Caracterizacin de una pantalla de cristal liquido de un proyector de vdeo Sharp-Vision Xv-H35u* Proyecto de grado. Escuela de Fsica, Universidad Industrial de Santander. Nov. 1996.