

CARACTERIZACIÓN DE UN TELEVISOR DE CRISTAL LÍQUIDO COMO MODULADOR ESPACIAL PROGRAMABLE

M. Zaldarriaga, J. A. Coy*, D. F. Grosz, O. E. Martínez**

Laboratorio de Electrónica Cuántica, Departamento de Física,

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, CC. 67, (1428), Buenos Aires.

Se estudiaron las propiedades de un televisor de cristal líquido como modulador espacial de polarización de un haz láser. Se encontró que el modelo habitualmente utilizado para describir este tipo de moduladores no ajustaba adecuadamente las características de transmisión del mismo. Se propuso un modelo alternativo basado en la birrefringencia de las ventanas para justificar este comportamiento anómalo. Con el mismo se pudo predecir el comportamiento del televisor para sus distintas configuraciones.

The properties of a liquid crystal television to be used as a spatial modulator of the polarization of a laser beam were studied. It was found that the model most commonly used for the display description did not adequately reproduce the transmission through crossed polarizers. A new model is proposed that takes into account the birrefringence of the television windows. With this correction the anomalous behaviour of the television has been explained and the throughput for different configurations is properly predicted.

En trabajos recientes se ha propuesto el uso de televisores de cristal líquido (TVCL) como moduladores espaciales de fase^{1-2,3} para diferentes aplicaciones. Es nuestro objetivo la caracterización de un TVCL como modulador espacial de polarización con vistas a ser aplicado a la síntesis de formas de pulsos láser ultracortos⁴.

Un TVCL está compuesto por un cristal líquido (nemático) torsionado por medio de un rayado de las caras interiores de las ventanas.

En nuestro caso utilizamos un televisor marca Realistic modelo PocketVision 5 fabricado por Radio Shack donde cada pixel queda determinado por la superposición de uno de los 162 electrodos dispuestos en sentido vertical en una de las ventanas con otro de los 150 dispuestos en sentido horizontal en la opuesta, con un tamaño aproximado de 440 mm por 360 mm. La señal de video aplicada al mismo fue generada por medio de una computadora Timex Sinclair 2068.

Este tipo de dispositivo es habitualmente descrito considerando al sistema como si estuviera compuesto por sucesivas láminas birrefringentes, cuya orientación está levemente rotada alrededor del eje perpendicular a las mismas⁵. La matriz de Jones del TVCL queda:

$$M = e^{-i\phi} \begin{pmatrix} \frac{\pi \sin(\chi)}{2\chi} & \cos(\chi) + i \frac{\Gamma \sin(\chi)}{2\chi} \\ -\cos(\chi) + i \frac{\Gamma \sin(\chi)}{2\chi} & \frac{\pi \sin(\chi)}{2\chi} \end{pmatrix} \quad (1)$$

donde:

$$\chi = \sqrt{\frac{\pi^2}{4} + \frac{\Gamma^2}{4}} \quad \Gamma = \frac{2\pi}{\lambda} (n_e - n_o) l \quad \phi = \frac{\pi}{\lambda} (n_e + n_o) l \quad (2)$$

siendo n_e el índice extraordinario, n_o el índice ordinario, l el espesor del cristal y λ la longitud de onda del haz láser en el vacío.

Para realizar la caracterización se retiraron del televisor los dos polarizadores autoadhesivos (los ejes de los mismos se encontraban a cuarenta y cinco grados con respecto a la posición normal de uso) y se le reemplazó el potenciómetro de control de brillo-contraste por uno multivuelta de mayor preci-

*Becario Universidad de Buenos Aires.

**Investigador CONICET.

sión.

Se diseñó un montaje que permitiera rotar al TVCL alrededor del eje perpendicular al plano del cristal líquido. El haz de un láser polarizado de He-Ne ($\lambda = 6328 \text{ \AA}$) se focalizó sobre el TVCL por medio de una lente de manera tal que pase por un único pixel, evitando así efectos de difracción. Una segunda lente colocada a la salida, permite obtener un haz paralelo que entre en la superficie de los fotodiodos utilizados como detectores. Entre esta segunda lente y los fotodiodos se colocó un polarizador (prisma de Nichols) que separaba los dos componentes del haz de salida. Finalmente, las señales de ambos fotodiodos eran recogidas por un osciloscopio. (ver Fig. 1).

Como primer paso se determinó la posición de

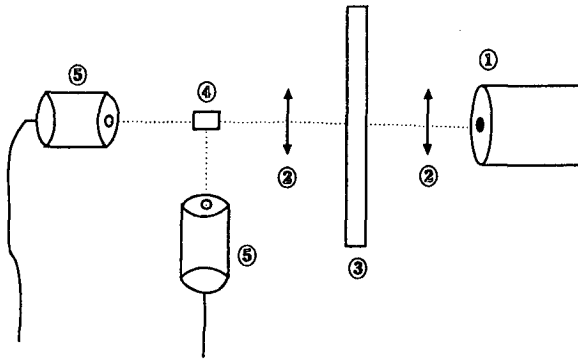


Fig. 1: Dispositivo experimental. 1) Láser de He-Ne Polarizado; 2) Lentes; 3) Televisor de Cristal Líquido; 4) Polarizador (Prisma de Nichols); 5) Detectores (Fotodiodos).

los ejes del TVCL. Utilizando la matriz de Jones (ec. 1) se calculó la transmisión para el caso en que la polarización del haz de entrada es perpendicular al polarizador de la salida:

$$T = \cos^2(\chi) + \left(\frac{\Gamma}{2}\right)^2 \left(\frac{\sin(\chi)}{\chi}\right)^2 \sin^2(\psi_1 + \psi_2) \quad (3)$$

donde ψ_1 y ψ_2 son los ángulos que forman las polarizaciones de entrada y de salida respecto de los ejes del TVCL respectivamente.

Para que la expresión anterior se anule deben ocurrir dos cosas:

$$\begin{aligned} \sin^2(\psi_1 + \psi_2) = 0 &\Rightarrow \psi_1 + \psi_2 = n\pi \\ \cos^2(\chi) = 0 &\Rightarrow \chi = \left(n + \frac{1}{2}\right)\pi \end{aligned} \quad (4)$$

lo que significa que se debe incidir en un ángulo de cuarenta y cinco grados con respecto a los ejes para tener un mínimo en la transmisión y luego ajustar el potenciómetro para anularla. De esta manera, se determinó que dichos ejes se encontraban a cuarenta y cinco grados con respecto a la posición normal de trabajo del TVCL.

Se realizaron dos conjuntos de mediciones de la transmisión para las dos salidas del polarizador. Una de ellas dejando fija la señal de video y midiendo para diferentes posiciones del potenciómetro de brillo-contraste y ángulos de rotación. La otra se realizó dejando fijo el TVCL y variando la señal de video de la computadora y la posición del potenciómetro.

Con el primer juego de mediciones se trató de ajustar los valores del parámetro Γ del modelo que correspondían a cada posición del potenciómetro, pero se encontró una discontinuidad inesperada en la curva determinada. Además quedó en evidencia un desplazamiento del máximo de la transmisión para diferentes ángulos de incidencia que no era posible justificar con el modelo en uso.

Con el fin de corregir estas diferencias, se propuso un modelo alternativo que tomara en cuenta la posible birrefringencia de las ventanas del TVCL (probablemente debido al rayado) y para ello se construyó la siguiente matriz de Jones:

$$M' = e^{-i\phi} \begin{pmatrix} e^{i\alpha} & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} M \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\alpha} \end{pmatrix} \quad (5)$$

donde α es un parámetro a ajustar.

En las Figs. 2 y 3 mostramos los ajustes obtenidos para dos ángulos de incidencia arbitrarios. Es de notar que con un solo valor para α se lograron ajustar las mediciones realizadas para 18 ángulos de incidencia distintos.

Tomando el segundo juego de mediciones y el modelo recién mencionado, se determinó el rango de variación que puede imponerse a partir de la señal de video generada por la computadora, que es en definitiva la que realmente interesa ya que sólo ella es controlable en forma independiente para cada

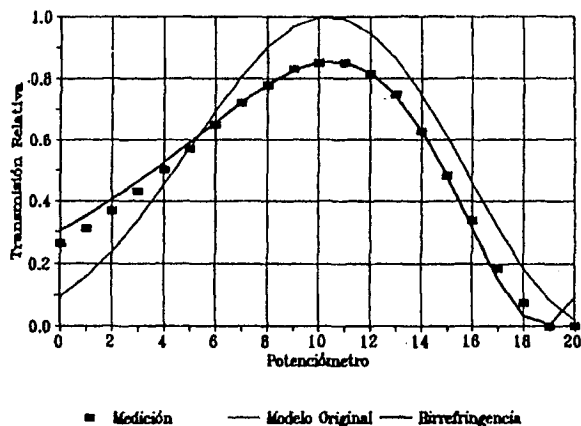


Fig. 2: Ajuste para una polarización incidente a $\pi/4$ respecto de los ejes del TVCL.

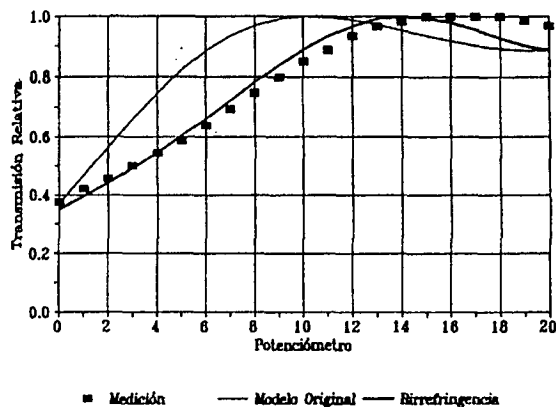


Fig. 3: Ajuste para una polarización incidente a $\pi/2$ respecto de los ejes del TVCL.

pixel.

En base a toda esta información se ha realizado un gráfico de la rotación de la polarización que es posible alcanzar con el TVCL (ver Fig. 4).

El modelo propuesto a partir de considerar la birrefringencia en las ventanas del TVCL proporciona un ajuste mucho mejor entre los datos medidos

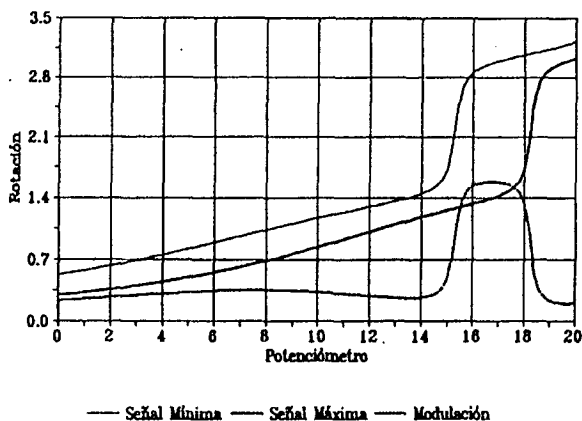


Fig. 4: Modulación de la polarización incidiendo a $\pi/4$ respecto de los ejes del TVCL.

y calculados, lo que permite obtener las siguientes conclusiones con respecto a su utilización como modulador espacial, ya sea en polarización o fase:

– La rotación de la dirección de polarización que puede lograrse es casi de $\pi/2$ radianes al incidir

por alguno de los ejes. Sin embargo, la diferencia que puede obtenerse por medio de la señal de video es apenas de 0.3 radianes. Una característica interesante es que la elipticidad se mantiene en valores muy bajos en esta condición.

– Cuando la polarización del haz incidente se encuentra entre los dos ejes, la elipticidad crece hasta hacerse casi circular.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos la colaboración del Dr. Mario Marconi y de los demás integrantes del Laboratorio de Electrónica Cuántica.

REFERENCIAS

1. A. Tanone, Z. Zhang, C. M. Tuang, F. T. Yu, D. A. Gregory, Optical Engineering, **32**(3), 517-521, (1993).
2. D. A. Gregory, J. A. Loudin, J. C. Kirsch, E. C. Tam, F. T. Yu, Applied Optics, Vol. **30**, N° 11, 1374-1378, (1991).
3. H. K. Liu, J. A. Davis, R. A. Lilly, Optics Letters, Vol. **10**, N° 12, 635-637, (1985).
4. A. M. Weiner, D. E. Leaird, J. S. Patel, J. R. Wullert, Optics Letters, Vol. **15**, N° 6, 326-328, (1990).
5. A. Yariv, P. Yeh, Optical waves in crystals (Wiley, N. York, 1984).