

## PROTOTIPO DE UNA PRÓTESIS PUPILAR DE CRISTAL LÍQUIDO

J. Díaz de León-Santiago, V. Trujillo-Mora, A. Gamino-Carranza, J. C. Salgado-Ramírez, R. Rojas-Hernández.

Universidad Politécnica de Pachuca (UPP)  
Carretera Pachuca-CD. Sahún Km. 20, ex Hacienda Santa Bárbara, Rancho Luna.  
Hidalgo, México. TEL. (52) 771 5477510 ext.2424.  
e-mail: [valt\\_electron@hotmail.com](mailto:valt_electron@hotmail.com)

### RESUMEN

Se presenta un prototipo de prótesis pupilar basada en Cristal Líquido (CL). Esta prótesis trabaja como un sensor-actuador. Controla la luz que incide en la retina, con ello protegiendo a la misma de la cantidad de luz que incida en ella. La prótesis se insertará en la cámara anterior del ojo humano y será controlada electrónicamente utilizando un sensor óptico.

**Palabras claves:** Cristal Líquido, Películas delgadas, Pupila, Óxido de Estaño, Prótesis.

### ABSTRACT

In this paper, an LCD-based pupilar prosthesis is presented. The prosthesis operates as a sensor actuator couple, controlling the intensity of light impinging on the retina. The prosthesis will be inserted into the anterior chamber of the eye and controlled electronically using an optical sensor.

**Key words:** liquid crystal, thin film, pupilo, tin oxide, prosthesis.



SOCBIO  
SOCIEDAD CUBANA  
DE BIOINGENIERÍA



ICID  
Instituto Central  
de Investigación Digital

Bioingeniería y Física Médica Cubana  
ISSN-1606-0563

## INTRODUCCIÓN

El ojo es uno de los órganos vitales para el ser humano, el 70% de la información proporcionada por el medio que nos rodea llega al individuo vía sistema visual. De ahí que este diseño de la pupila artificial viene a ser un dispositivo indispensable para limitar, regular e inclusive proteger la retina, evitando que la iluminación retiniana (área pupilar por luminancia) sea excesiva.

El ojo humano puede llegar a presentar ciertas anomalías pupilares [1, 2], debidas a diferentes causas, entre las cuales se destacan las siguientes:

- Síndrome Horner (se produce por una lesión de la vía simpática en el tallo encefálico, en la porción superior de la médula espinal o en la cadena simpática periférica).
- Pupila Tónica (es a causa de un mecanismo de contracción pupilar, en el cual el esfínter se contrae con lentitud de manera tónica).
- Pupila de Agrill Robertson (falta de respuesta de acomodación por lesión destructiva en la región Tectorial).
- Espasmo Simpático (la pupila izquierda es mas grande y el párpado superior es elevado).
- Pupila de Springing (repentinamente una pupila se dilata y poco después la otra la sigue).
- Parálisis Pupilar amaurotic (resultado de una destrucción completa de la retina o nervio óptico y no existe reacción directa ni consensual a la luz).

Basándonos en lo anterior, surge el propósito del diseño de una pupila artificial basada en CL. La pupila debe cubrir ciertos requerimientos necesarios [3, 4].

Los CL's exhiben la dualidad sólido-líquido, pueden ser divididos en dos categorías muy importantes: los liotrópicos y los termotrópicos [5, 6, 7].

Dentro de los termotrópicos podemos encontrar tres grandes categorías: que son el nemático, esméctico y colestérico, distinguiéndose por su diferencia en su ordenamiento molecular de traslación o rotación, según Friedel en 1922.

Los CL de tipo nemático exhiben orden en la orientación de sus moléculas y al mismo tiempo desorden en la posición de sus centros de masa, este tipo se muestra en la figura 1.

Los CL de tipo esméctico tienden a organizarse en capas planas paralelas entre si, como las hojas de un libro pero con sus ejes moleculares perpendiculares a estos planos y paralelos entre si, esto se muestra en la figura 2.

Los CL de tipo colestérico poseen una estructura molecular característica de muchos compuestos que contienen colesterol, de ahí su nombre, es muy similar al esméctico pero con una diferencia crucial: los ejes moleculares se orientan en una dirección paralela al plano mismo de las capas, tal y como se muestra en la figura 3.

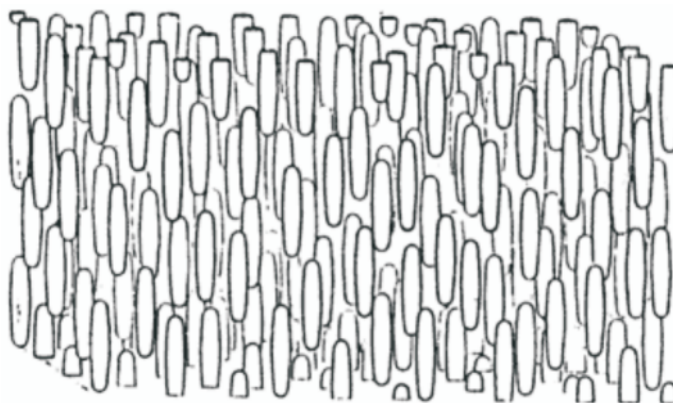


Fig. 1 La fase nemática exhibe orden de orientación, pero desorden en la posición de los centros de masa moleculares.

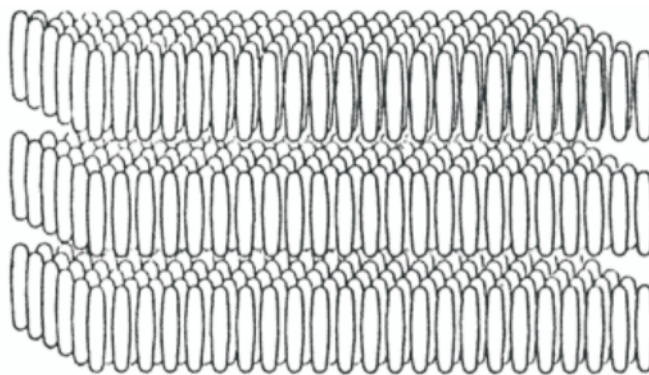


Fig. 2 Un cristal esméctico con orden de orientación de los ejes moleculares y orden en la posición de sus centros de masa.

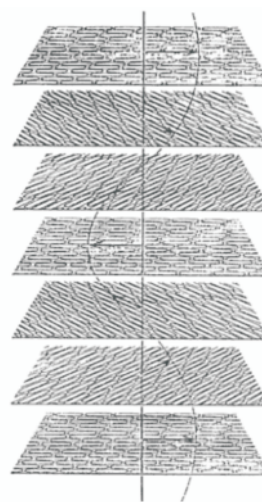


Fig. 3 La dirección de orientación molecular en cada plano de colestérico describe una trayectoria helicoidal (línea discontinua).

## METODOLOGIA

Basándonos en las características descritas anteriormente, se parte de un arreglo de 7 anillos concéntricos de CL nemático, los cuales se opacarán o aclararán de acuerdo a la luz ambiental, aparentando con ello la contracción o dilatación pupilar. El arreglo de la pupila artificial se muestra en la figura 4.

Para controlar los anillos de CL, se cuenta con una serie de pistas transparentes de  $\text{SnO}_2$ , las cuales se colocaron mediante el método de rocío químico, [8] en ambos substratos, los cuales deben de estar a cierta temperatura [9] para eliminar la interfaz de aire que existe, en uno los substratos se realiza un baño completo, el cual es la conexión común, y en el otro substrato se realiza el grabado del diseño de los 7 anillos, para así poder aplicar un campo eléctrico en cada anillo.

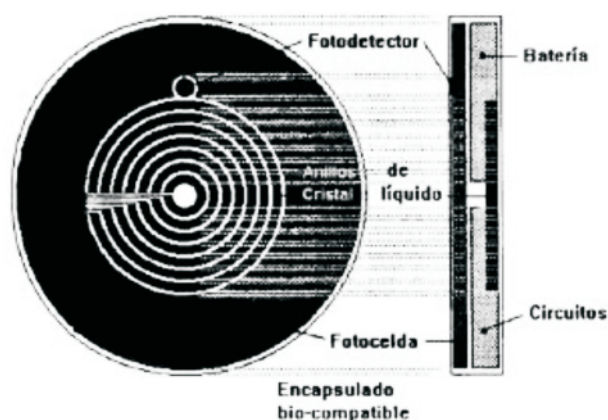


Fig. 4 Arreglo de Anillos de CL y sus componentes (fotodetector, batería, circuitos, celda solar)

La resistencia de las pistas transparentes se midió mediante la técnica de 4 puntas alineadas [9].

Al tener ya las pistas de  $\text{SnO}_2$ , sobre los substratos se realiza el depósito de CL. Para esto se colocó dentro de una campana de extracción uno de los substratos sobre una parrilla a una temperatura de  $29.5^\circ\text{C}$ , una vez estabilizada la temperatura dentro de la campana se coloca el CL sobre el substrato e inmediatamente después se sobrepone el segundo vidrio con substrato haciendo que coincidan las conexiones transparentes, una vez hecho esto se sella el arreglo.

Para la fuente de alimentación se utilizó una celda solar para evitar tener que estar cambiando la pila, como es el caso de cualquier equipo implantado dentro del cuerpo humano, la celda solar utilizada es de compuestos de selenio debido a su respuesta similar a la del ojo humano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron pistas transparentes de  $\text{SnO}_2$  con un grosor de alrededor de 2 a 3  $\mu\text{m}$  mediante un perfilómetro DEKTAR IIA.

También se realizaron pruebas ópticas utilizando un optoelectrodo fabricado en laboratorio. La prueba de reflexión se realizó al CL de tipo nemático de nombre N-Benzil-Nethylaniline, 99%, cuya fórmula es  $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{C}_2\text{H}_5$ , este se colocó en el arreglo de la figura 5. Esta prueba consistió en excitar al CL con un generador de funciones con una frecuencia de 0.03 a 205 Hz, debido a que es la frecuencia de respuesta del ojo humano y con una amplitud de 20 Vpp, incidiéndole un láser clase II con longitud de onda de 630-680 nm con una salida máxima de 3mW, mediante un detector DETN 12 se midió la señal reflejada por el CL y se observó la respuesta en el osciloscopio.

Durante estas pruebas se observó un cambio proporcional en su pendiente de reflexión al aplicarle un campo eléctrico conforme al tiempo de exposición, como se muestra en la figura 6.

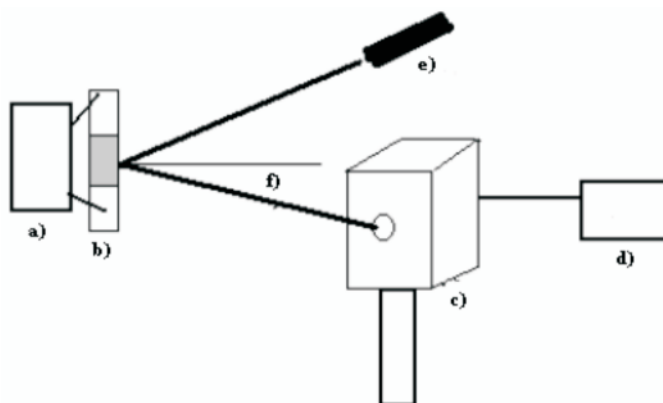
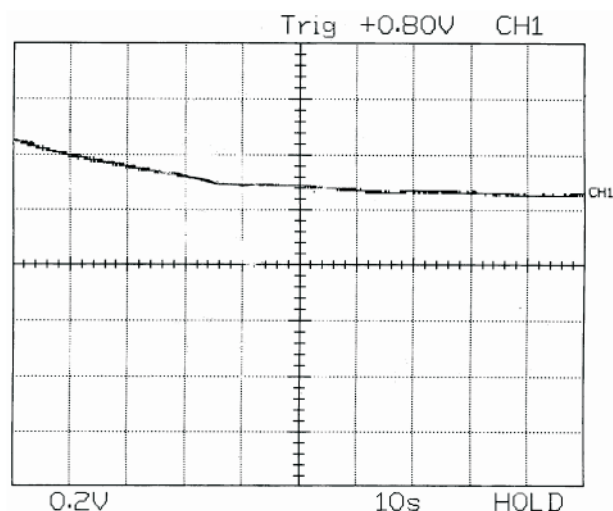


Fig. 5 Colocación de los elementos para la prueba de reflexión, a) generador de funciones, b) arreglo con CL, c) Láser, d) Fotodetector, e) Osciloscopio, f) ángulo de reflexión.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos se corresponden con la hipótesis planteada y permiten continuar el desarrollo de la prótesis pupilar de cristal líquido propuesta.



**Fig. 6** Pendiente de reflexión conforme avanza el tiempo de aplicación de campo eléctrico, y se pone opaco, lo cual causa que la reflexión sea cada vez menor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Daniel Vaughan, Taylor Asbury, Oftalmología General, (Ed): El manual Moderno México, D.F., pp 240-255, 1987.
- [2] Robert A. Moses, Alder's, "Physiology of the eye, clinical application". Seventh edition. USA 1981.
- [3] V. Trujillo Mora, E. Suaste Gómez, "Diseño de una Pupila Artificial Basada en Cristal Liquido", Novena Conferencia de Ingeniería Eléctrica, México, D.F. 2003.
- [4] Suaste E, Leybón J, "Diseño Prototipo de una pupila artificial Utilizando Cristal Liquido", III WORKSHOP DE IBERCHIP, México, D.F., 1997
- [5] James L. Fergason, "Liquid Crystals", Selected Papers on Liquid Crystals for Optics, SPIE Milestone Series, Volume MS 46 pp. 3-9, 1992.
- [6] D. Demus, 100 Years "Liquid Crystals Chemistry", Selected Papers on Liquid Crystals for Optics, SPIE Milestone Series, Volume MS 46, pp 76-95, 1992.
- [7] R. Torres Domínguez, "Introducción a los Exhibidores de Cristal, Reporte Interno, Ingeniería Eléctrica CINVESTAV, México, D.F.