



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Práctica: Preparación de celdas de cristal líquido con capa de alineamiento

Apellidos, nombre	Bachiller Martín, Carmen (mabacmar@dcom.upv.es)
Departamento	Departamento de Comunicaciones
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación



1 Resumen de las ideas clave

En este artículo se presenta una práctica completa para la preparación de celdas contenedoras de cristal líquido con capa de alineamiento, lo que permite tener las moléculas del cristal líquido alineadas dentro de la celda para su posterior polarización por un campo eléctrico. El artículo está estructurado como sigue:

Contenidos de este artículo
1. Introducción.
2. Objetivos.
3. Descripción de la práctica.
4. Trabajo del alumno.
5. Cierre.

Tabla 1. Contenidos del artículo.

2 Introducción

Los dispositivos de cristal líquido (CL) se han vuelto populares para su uso en productos fotónicos, como pantallas para teléfonos móviles, televisores y computadoras, pero su uso se está extendiendo también a los dispositivos de microondas.

Como se muestra en la Imagen 1, un dispositivo (o una celda) típico de CL consta de una capa delgada de CL intercalada entre un par de sustratos de vidrio conductores gracias a una lámina de óxido de indio y estaño (ITO), con una separación entre celdas de unos pocos micrómetros.



Imagen 1. Esquema de una celda de CL. En azul los vidrios que forman las tapas, la lámina conductora de ITO es la línea en azul oscuro, en gris las capas de alineamiento, en verde los espaciadores, y en blanco el volumen destinado a contener el CL.

Para la realización de la capa de alineamiento se utiliza tradicionalmente en la industria de pantallas LCD un polímero llamado poliimida (PI), caracterizado por sus excelentes propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas a temperaturas moderadamente altas. Sobre este polímero se pueden realizar microsurcos que alineen las moléculas de CL en una determinada orientación y conformar un ángulo de preinclinación (*pretilt angle*) específico, el ángulo entre el director de las moléculas de LC y la capa de alineación de PI, tal como se aprecia en la Imagen 2.

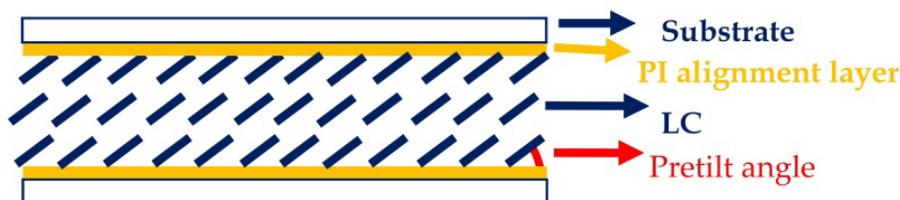


Imagen 2. Vista de una celda de CL con las moléculas alineadas.

Para obtener una anisotropía dieléctrica ($\Delta \epsilon = \epsilon_{r\parallel} - \epsilon_{r\perp}$) máxima interesa que dicho ángulo sea de 0° .



3 Objetivos

El objetivo es que el alumno aprenda a realizar celdas de cristal líquido con capa de alineamiento y aprendan a comprobar la correcta polarización de las moléculas.

4 Desarrollo

El trabajo tiene dos partes, la primera se corresponde con la descripción del proceso necesario para la realización de una celda de CL. Esta viene dada por el profesor y apoyada con diferente material. La segunda parte corresponde al trabajo que el alumno debe realizar y comprende una serie de actividades de laboratorio. Al término de la práctica, el estudiante debe tener un conocimiento y capacidad para poder realizar este tipo de dispositivos en laboratorio.

4.1 Descripción de la práctica

4.1.1 Materiales.

Los materiales utilizados para formar las celdas son:

- Vidrios con ITO de 1 mm de espesor y dimensiones 50x50 mm.
- Espaciadores de acetato de 0,100 mm
- Pegamento óptico Norland UV Sealant 71 especialmente diseñada para el sellado de dispositivos LC.
- Paraloid B44 disuelto al 7% en acetato de etilo.

La poliimida es un polímero de uso exclusivo en la industria, caro, tóxico y muy difícil de conseguir para fines docentes. Para esta práctica se ha optado por utilizar Paraloid B44, un polímero que se utiliza en conservación y restauración, muy resistente, asequible y menos tóxico que la poliimida. Este polímero ha dado buenos resultados experimentales para crear una capa de alineamiento.

Otros materiales:

- Guantes
- Pinzas
- Alcohol isopropílico
- Tissues
- Pipetas
- Cinta de terciopelo
- Polarizadores de luz

Equipo:

- Calefactor
- Horno de UV
- Mesa de luz
- Microscopio

Se utilizarán para el llenado de las celdas cualquiera de los dos cristales líquidos comerciales de la empresa Qingdao, el QYPDLC-193 y el QYPDLC-142, de los que se dispone en el laboratorio.

4.1.2 Proceso de construcción de la celda

A continuación, se describe el proceso para la construcción de las celdas:

- **Limpieza de los vidrios conductores ITO.** El vidrio debe estar lo más limpio posible, para lo cual se realiza un meticuloso proceso de limpieza en dos etapas:



- En primer lugar, el vidrio se frota con un paño de celulosa desechable empapado en solvente orgánico (alcohol isopropílico y/o acetona). En este proceso se eliminan la grasa y las partículas más grandes.
- Para eliminar las partículas más pequeñas, se lleva a cabo una segunda etapa de lavado en un tanque de ultrasonidos. En este proceso, los vidrios se sumergen en una solución detergente especial para la limpieza ultrasónica (Nahita) y se dejan en un tanque de ultrasonidos (Branson 1510) durante al menos 15 minutos (Imagen 3). Dado que en el laboratorio no contamos actualmente con este equipo, no se realizará este segundo proceso, pero conviene conocerlo. Después de este proceso de limpieza, los vidrios se secan y se almacenan en recipientes herméticos para evitar posibles contaminaciones.



Imagen 3: Baño ultrasónico para la limpieza de los vidrios.

- **Superficie de alineamiento.** Para conseguir valores máximos de anisotropía dieléctrica del CL, sus moléculas deben presentar una orientación bien definida. Para ello, se crea una superficie de alineamiento en un lado de cada vidrio de la celda. La creación de este alineamiento por superficie de anclaje se lleva a cabo en tres pasos principales: la deposición del Paraloid B44 (o la poliimida), el curado de este polímero y la realización de los surcos microscópicos.
 - La deposición de la poliimida se realiza con un mecanismo de centrifugado: el vidrio se deposita en un *spinner* sobre el que se mantiene por succión, se cubre con poliimida y se centrifuga durante 10 segundos a 16 revoluciones por segundo, y luego a 66 revoluciones por segundo durante 60 segundos para obtener una superficie uniforme de aproximadamente 100 nm (ver Imagen 4.(a)). Este espesor es un valor medio medido con un perfilómetro de contacto. La deposición del Paraloid B44 se realiza por la técnica de *deep coating* mediante la cual el vidrio se sumerge verticalmente y se deja escurrir en la misma dirección (ver Imagen 4.(b)), es muy importante mantener esta dirección también para la creación de los microsurcos, ya que el Paraloid B44, al ser más viscoso, crea un patrón de arrastre en la deposición. La superficie que se crea tiene un espesor de 1,3 μm .

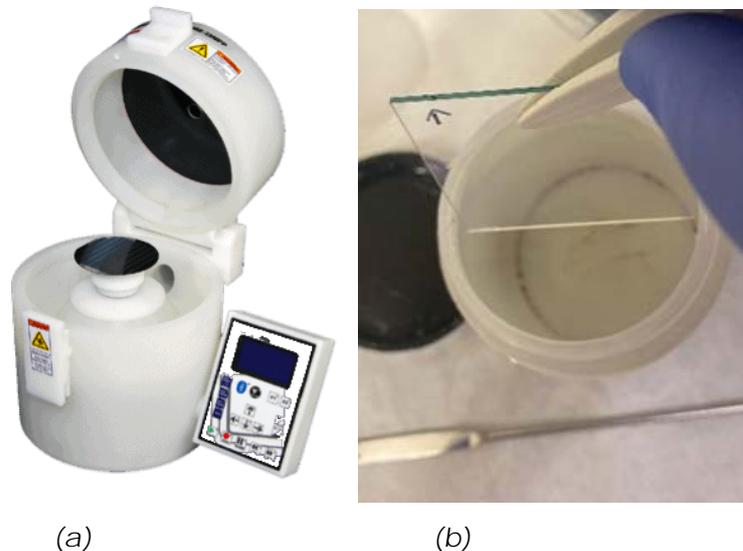


Imagen 4: Recubrimiento de polímero. (a) Deposición de poliimida por centrifugado. (b) Deposición de Paraloid B44 por deep coating.

- o Después de la deposición, las muestras se curan a alta temperatura para conseguir la polimerización, así se endurece el material. Para la poliimida son 90°C durante 30 min, y para el Paraloid B44 150°C durante 30 min. Durante este proceso hay que tener cuidado porque tanto la placa calefactora como los vidrios queman, se deben utilizar las pinzas y no tocar ni la placa ni los vidrios cuando estén calientes.



Imagen 5: Curado del polímero en una placa calefactora de laboratorio.

- o Finalmente, las muestras están listas para hacer los microsurcos que marcarán la orientación de las moléculas de CL. Esto se hace mediante un proceso de frotamiento sobre un terciopelo de seda natural, que no deja residuos. En este proceso, la cara del vidrio cubierta de polímero se frota repetidamente (al menos 20 veces) sobre una tira de terciopelo. Es muy importante realizar el frotamiento de una manera única, ya que esto determinará la inclinación inicial de las moléculas (el *pretillt angle*). Para lograr una dirección de alineación homogénea, el terciopelo se sujeta a una superficie recta sobre la que una de las caras del vidrio puede descansar y moverse en una dirección específica, como se muestra en la Imagen 6.



Imagen 6: Montaje para el frotamiento de terciopelo.

Los microsuros creados en la capa de alineamiento son de unos pocos centenares de nanómetros. Las mediciones de la microscopía atómica (AFM) (ver Imagen 7) muestran anchos de surco de 150 a 300 nm. En estos microsuros, las moléculas de CL se depositan creando una alineación perfecta del material. Cabe mencionar que el proceso de frotamiento crea, además de estructuras de surcos unidireccionales, el ordenamiento de cadenas poliméricas, ambos efectos contribuyen a la orientación preferencial del CL.

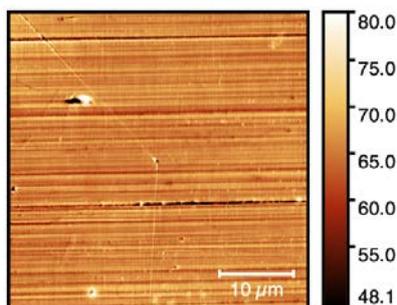


Figura 4.15: Vista microscópica de los microsuros en una capa de polimida sobre vidrio.

- **Ensamblaje de celdas.** Para formar la celda de CL, se adhieren 4 separadores de acetato de 100 μm cerca de las esquinas de un vidrio con pegamento Norland, que es un material inofensivo para el CL, que no interactúa con él. Con ello se conseguirá separar de forma homogénea los dos vidrios que componen la celda. Otro vidrio se superpone sobre los separadores, ambos vidrios deben tener la misma dirección de la capa de alineamiento. Se debe dejar una separación entre ambos vidrios, que actúa como una "cama", para el proceso de llenado, como se muestra en la Imagen 8. A continuación, se debe aplicar presión sobre las puntas del adhesivo para consolidar la estructura y minimizar el espesor añadido por el pegamento. Por último, el curado se realiza mediante un horno de luz ultravioleta siguiendo las indicaciones señaladas por el fabricante.

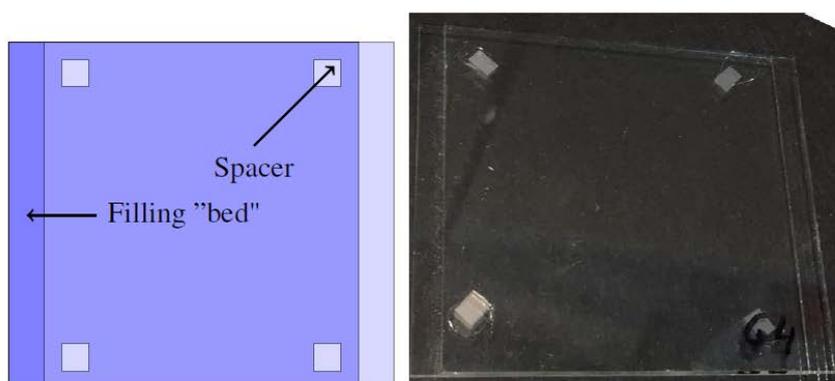


Imagen 8: (a) Diseño de una celda LC. (b) Célula real de CL ensamblada.



Imagen 9. Curado con horno UV.

4.1.3 Proceso de llenado

A continuación se procede al llenado de la celda. Se utiliza la pipeta con la que se absorbe una pequeña cantidad de CL. Se depositan con cuidado gotas de CL en la cama de llenado de la celda, al lado de la abertura, el CL llena la celda por capilaridad.



Imagen 10. Llenado de una celda por capilaridad.

4.1.4 Comprobación del alineamiento

Una de las grandes ventajas de utilizar células de CL formadas por vidrios transparentes es la posibilidad de comprobar la correcta alineación de las moléculas. La asimetría de



las moléculas de CL y su orientación, paralela a los surcos sobre el polímero, confieren la propiedad de birrefringencia.

Cuando se coloca un medio isótropo entre dos polarizadores lineales que se colocan ortogonalmente (polarizadores cruzados) sobre una fuente de luz blanca, la transmisión de luz se bloquea. Esto sucede porque la polarización inducida por el primer polarizador se mantiene esencialmente a través del medio isótropo y, por lo tanto, es totalmente filtrada por el segundo polarizador ortogonal. Cuando se introduce una celda de CL (con su eje girado 45° con respecto a los polarizadores lineales) entre los dos polarizadores cruzados. En este caso, la luz con polarización lineal que pasa por el primer polarizador puede descomponerse en los ejes de las moléculas de CL en dos polarizaciones ortogonales que, atravesando el mismo medio, presentan diferentes índices de refracción (diferente permitividad). Esto hace que las componentes viajen a diferentes velocidades y, por lo tanto, se introduce un cambio de fase entre ellas. El resultado es un cambio en la polarización de la luz de lineal a elíptica, por lo tanto, cuando la luz atraviesa el material y llega al segundo polarizador, parte de ella la atraviesa. Este efecto se puede ver claramente en la Imagen 11, donde la celda parece más brillante cuando la dirección de frotamiento forma 45° con respecto a los polarizadores que cuando está alineada paralela o perpendicular a la polarización incidente.

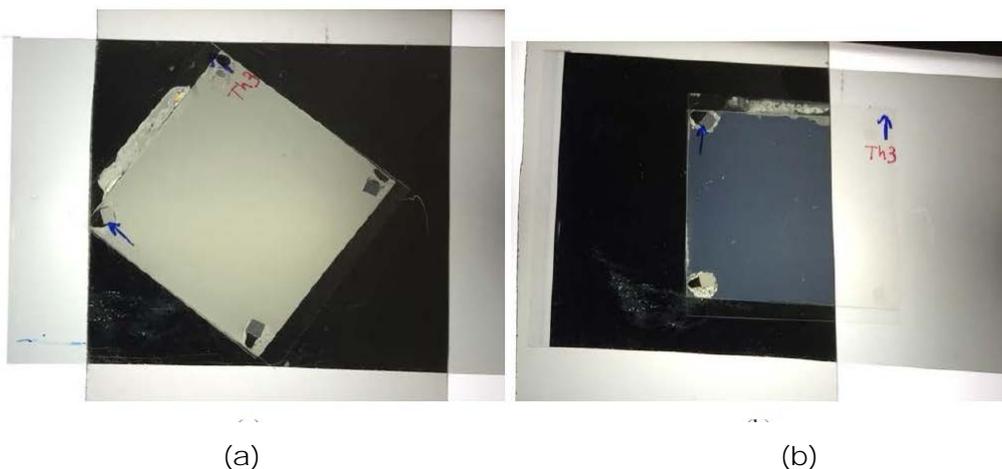


Imagen 11: (a) El eje de la celda LC giró 45° con respecto a uno de los polarizadores cruzados. (b) Eje de la celda LC paralelo a uno de los polarizadores cruzados.

Las células de CL preparadas de forma similar, pero sin ninguna capa de alineación, no se comportan como se ha descrito anteriormente. Cuando se insertan entre los polarizadores cruzados, muestran una transmisión de luz similar, independientemente de la orientación relativa a la polarización de la luz incidente. Las imágenes de microscopía óptica polarizada en la Imagen 12 (a) y (b) corresponden a una celda orientada con la dirección de frotamiento formando 45° y 0° al polarizador, respectivamente.

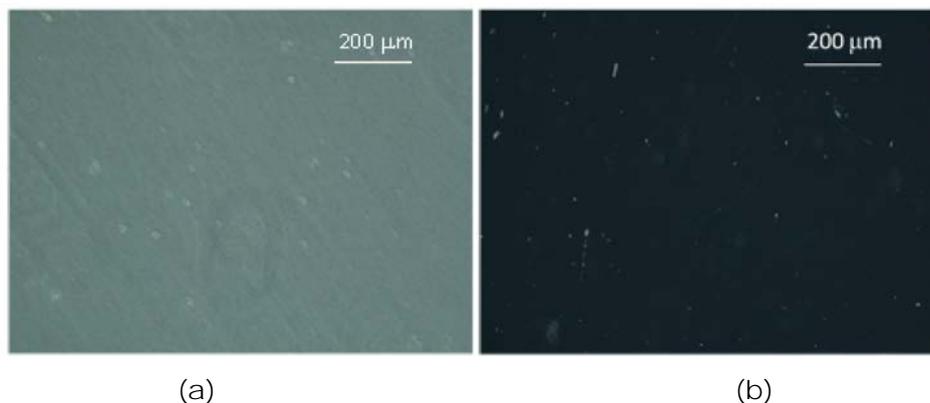


Imagen 12: Vista microscópica de una celda LC llena con superficie de alineación. (a) El eje de la célula LC giró 45° con respecto a uno de los polarizadores cruzados. (b) Eje de la celda LC paralelo a uno de los polarizadores cruzados.

En el caso de celdas de CL no orientadas, es decir, sin capa de alineamiento (véase la Imagen 13), se obtienen imágenes ópticas polarizadas similares para cualquier orientación de la muestra.

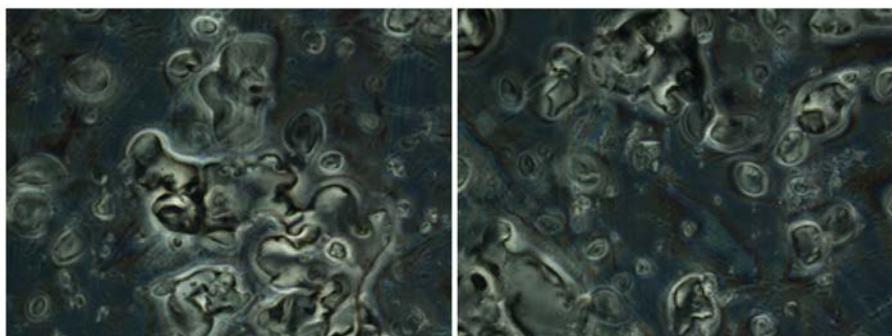


Imagen 13: Vista microscópica de una celda de CL llena sin superficie de alineamiento. (a) El eje de la celda de CL girado 45° con respecto a uno de los polarizadores cruzados. (b) Eje de la celda de CL paralelo a uno de los polarizadores cruzados.

4.2 Trabajo del alumno

El alumno deberá proceder a la fabricación de una celda de cristal líquido con capa de alineamiento, llenarla de cristal líquido y comprobar su alineamiento.

5 Cierre

En este artículo se ha descrito en detalle el proceso para la realización de celdas de CL con capa de alineamiento, su llenado y la forma de comprobar que el alineamiento de las moléculas es correcto.