

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 925**

51 Int. Cl.:

G02F 1/1333 (2006.01)

G02F 1/139 (2006.01)

G02F 1/1343 (2006.01)

G02F 1/1335 (2006.01)

G02F 1/1337 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2007** **E 07733096 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2012** **EP 2024784**

54 Título: **Dispositivo reflector multiestable de cristal líquido**

30 Prioridad:

07.06.2006 GB 0611141

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

04.04.2013

73 Titular/es:

ZINK TECHNOLOGIES LIMITED (100.0%)

29 Wood Street, Stratford-Upon-Avon

kshire CV37 6JG, GB

72 Inventor/es:

MOTTRAM, NIGEL y

DAVIDSON, ANDREW

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 399 925 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN.

Dispositivo reflector multiestable de cristal líquido.

La presente invención se refiere a un dispositivo reflector multiestable de cristal líquido y a una pantalla de presentación visual de cristal líquido que incluye a dicho dispositivo.

5 Antecedentes.

Los materiales de cristal líquido (en adelante LC) consisten en moléculas con aspecto de varillas que preferiblemente se alinean en direcciones paralelas entre sí y son capaces de alinearse mediante la aplicación de campos eléctricos. El orden de largo alcance causado por la alineación local de las moléculas permite que se defina el "director", o dirección molecular media. Los ejes largo y corto de estas moléculas presentan diferentes propiedades ópticas y por tanto ciertas orientaciones moleculares pueden alterar la polarización y la intensidad de la luz incidente. Estos efectos de reorientación y polarización se pueden utilizar en conjunción con elementos ópticos tales como estratos reflectores y de polarización para producir dispositivos ópticos tales como interruptores ópticos, graticulas de fase cambiabile o pantallas de presentación visual.

Los dispositivos actuales de LC tienen comúnmente dos sustratos transparentes, con electrodos semitransparentes que se podrían modelar en píxels en la cara interior de cada sustrato, intercalando entre ellos un material de cristal líquido (LC). Se podría colocar un revestimiento reflector en un sustrato si el dispositivo se va a usar para reflejar la luz incidente una vez que ha pasado a través del estrato de cristal líquido en lugar de en un modo de transmisión. Los polarizadores ópticos se colocan usualmente en la superficie exterior de uno o de ambos sustratos. Entre el estrato de cristal líquido y cada electrodo y/o sustrato se usa un estrato de alineación para especificar la orientación de las moléculas de LC muy próximas al sustrato. A cada pixel se le podría asignar una dirección, bien "pasivamente" usando una tensión aplicada a través de los electrodos de filas y columnas de pixel, o bien "activamente" usando delgados transistores peliculares para aplicar selectivamente un campo eléctrico a través de un solo pixel. Este campo eléctrico se podría usar para conmutar las moléculas de cristal líquido entre dos estados de orientación, cada uno con un efecto diferente sobre la luz que pasa a través del estrato de LC de tal manera que, dependiendo del estado, la luz se pueda o bien transmitir a través del polarizador (o polarizadores) o bien bloquearse mediante éste (o éstos).

Un método de conseguir lo anterior es mediante el uso de configuraciones nemáticas torcidas. En estos dispositivos, los estratos de alineación se usan para orientar a las moléculas de LC muy próximas a los sustratos opuestos en direcciones perpendiculares entre sí. En el estado en que no existe campo eléctrico aplicado a través de un pixel, la alineación perpendicular del LC muy próximo a los sustratos resulta en un torcimiento de 90° en la orientación del LC a medida que uno se mueve de una a otra superficie. Esto tiene el efecto de rotar la polarización de la luz durante 90°. Cuando los polarizadores se colocan paralelos a las direcciones de alineación en cada sustrato, la luz incidente llega a polarizarse incrementalmente por el primer polarizador en una dirección, luego la dirección de polarización de la luz se rota 90° mediante el LC para coincidir con el segundo polarizador en el otro sustrato, de tal manera que la luz se descarga como salida del píxel. Se podrían colocar filtros coloreados sobre el píxel para producir píxels coloreados. Cuando se aplica una tensión entre los electrodos de un píxel, el LC se alinea con la dirección del campo, es decir, perpendicular al plano de ambos sustratos. En este estado, como las moléculas de LC se alinean paralelamente a la dirección de propagación de la luz, no tiene lugar cambio alguno en la polarización de la luz debido a la configuración del LC. De este modo, la luz polarizada del primer polarizador se bloquea por el segundo polarizador en la dirección perpendicular. Este tipo de dispositivo es "transmisivo", dado que la luz incidente pasa a través del dispositivo desde una fuente luminosa (es decir, una luz posterior en un módulo de presentación visual) en un lado hasta el observador en el otro.

Existe un método alternativo de presentar visualmente la información usando un dispositivo de cristal líquido mediante la aplicación de un dispositivo "reflector" de LC. Un dispositivo reflector típico se construye de una manera similar a un dispositivo transmisor, con la excepción de que el polarizador situado más lejos del observador se reemplaza por un elemento reflector. La luz incide desde el mismo lado del dispositivo que el observador e inicialmente se polariza mediante el polarizador en una dirección. Una de las posibles configuraciones del LC es tal que la dirección de polarización de la luz se rota en 45° por el LC, antes de que se refleje por el elemento reflector y luego se rota otra vez 45° mediante el LC. La rotación total de la polarización de la luz durante 90° significa que la luz queda bloqueada por el polarizador. Cuando se aplica una tensión entre los electrodos de un píxel, se produce una reorientación del LC de tal manera que la configuración del LC no afecta a la polarización de la luz y la luz incidente se polariza, se transmite a través del LC, se refleja y se transmite otra vez a través del LC sin ningún cambio en la dirección de polarización, de tal manera que el polarizador permite que la luz se emita y se observe. Se podrían colocar filtros coloreados sobre el píxel para producir píxeles coloreados.

Las pantallas de presentación visual de LC tienen muchas ventajas tales como ser muy planas, livianas y robustas cuando se les compara con otros tipos de presentación visual como los tubos de rayos catódicos. Como tales resultan ideales para pequeños dispositivos portátiles tales como teléfonos móviles y asistentes personales digitales (en adelante PDA). Sin embargo, tienen una elevada demanda de energía debido a la necesidad de aplicar una energía constante con el fin de mantener a un píxel en un estado. Además, las presentaciones visuales

transmisoras requieren típicamente una iluminación posterior de una fuente luminosa para conseguir una imagen brillante con un elevado contraste, lo cual a su vez aumenta todavía más el consumo de energía, dando lugar a un acortamiento de la vida de la batería. Además, como estos sistemas emplean conmutación de plano, donde las moléculas de LC se alinean ellas mismas perpendicularmente al plano de los sustratos en la presencia del campo eléctrico, los efectos de la bi-refringencia pueden dar lugar a una pérdida de contraste cuando se ven desde el costado. La geometría resultante podría conducir también a una distorsión de color debido a los efectos de paralaje.

Algunos de los problemas en relación de asociación con los dispositivos descritos anteriormente se solucionan mediante la tecnología multiestable o, específicamente, tecnología biestable reflectora de cristal líquido. En un dispositivo multiestable de cristal líquido, el LC tiene más de una configuración de director estable. Como tal, una vez conmutado a un estado estable, el LC permanece en ese estado hasta que se aplique un campo eléctrico para cambiar la configuración. Este tipo de operación requiere menos energía, puesto que ésta solamente se suministra para cambiar estados y no se suministra continuamente para mantener un estado. El aspecto reflector de dicha tecnología elimina la necesidad de una iluminación posterior, reduciendo adicionalmente el consumo de energía.

En el documento de Thrurston y colaboradores de las Transacciones sobre dispositivos electrónicos, Ed-27, nº 11, páginas 2069-2080 de 1980, se describen dispositivos de LC que tienen una serie de posibles sistemas multiestables. En particular se describen dispositivos multiestable cenitales que producen distorsión fuera del plano del sustrato. Se definen también dispositivos multiestables en plano que se basan en regiones alineadas modeladas sobre los sustratos.

El documento US 4333.708 describe un ejemplo de un dispositivo biestable de LC que tiene una serie de modos multiestables que implican el movimiento de puntos singulares o "disinclinaciones" que están situadas paralelamente a los sustratos del dispositivo. Los documentos EP 0.517.715 y WO 92/00546 describen otros ejemplos de dispositivos biestables de LC, en los que se usan tratamientos superficiales (evaporación de SiO) para producir un estrato de alineación de superficie de estable. Esta superficie presenta dos posibles configuraciones de director. Mediante la conmutación del director en la superficie con la aplicación de una forma de onda de tensión adecuada, es posible la conmutación entre los dos estados.

En el documento US 5.796.459 se describe otro dispositivo biestable posible. Este tiene unas superficies de sustrato que se han tratado de tal manera que existan bigratículas en uno o en ambos sustratos. Esta disposición de bigratículas crea dos direcciones angulares posibles diferentes en las que pueden estar situadas las moléculas del LC. El documento WO 97/14990 describe un ejemplo más de un dispositivo biestable. Éste tiene unas monogratículas de alineación superficial sobre al menos uno de los sustratos. Las monogratículas de superficie tienen una relación entre la altura y la anchura de acanaladura que da lugar a aproximadamente una energía igual para dos disposiciones de alineación de director. Las disposiciones de alineación de director difieren entre sí principalmente por el ángulo del director con respecto al plano del sustrato. El dispositivo se conmuta usando impulsos apropiados de tensión.

Todavía otra solución para producir dispositivos biestables de cristal líquido implica disponer de un conjunto ordenado de postes o agujeros colocados en uno de los sustratos. Los dispositivos de este tipo se definen en los documentos EP 1.271.225 y EP 1.139.151. La presencia de postes o agujeros permite que sean estables múltiples orientaciones de director. La diferencia entre las orientaciones de director estriba principalmente en la diferencia en el ángulo de director desde el plano principal de los sustratos. La conmutación entre estos estados se consigue usando impulsos de tensión apropiados que se acoplan a los dipolos moleculares.

En todos los dispositivos anteriores, cada estado estable tiene un efecto diferente sobre la polarización de la luz y esto puede usarse en conjunción con polarizadores adecuadamente orientados para permitir o bloquear la transmitancia de la luz. Estos sistemas se podrían usar con luz transmitida a través del dispositivo o reflejada desde una superficie en la parte posterior del dispositivo. Las variaciones en los tratamientos de superficie sobre el nivel de sub-píxel se podrían usar para conseguir escala de grises. Aunque esto proporciona algunas ventajas sobre las disposiciones más convencionales, adolece del hecho de que la conmutación se hace fuera del plano, lo cual conduce a una pérdida de contraste en ángulos de visión oblicuos y a deformaciones de color debido a errores de paralaje.

Algunos de los dispositivos descritos anteriormente podrían contener regiones de defectos de LC. Cuando los LC se encierran dentro de un recipiente, la dirección molecular es influenciada por las superficies del recipiente. Esto puede conducir a conflictos en ciertas regiones, que resultan en defectos. En estas regiones de defectos, las moléculas se alinean de tal manera que se forma una estructura de energía de gran distorsión, en relación de asociación con una reducción en el orden molecular, según se describe en el documento de Repnik y colaboradores publicado en la Revista Europea de Física, volumen 24, páginas 481-492 (2003). Dependiendo de factores tales como las dimensiones y la forma del recipiente, la topografía de la superficie, la temperatura, el campo eléctrico aplicado y la energía superficial de las paredes, podrían ser posibles varias configuraciones de la mayor parte de las moléculas de cristal líquido. Sin embargo, los defectos se consideran en general como inconvenientes, ya que disminuyen el rendimiento del dispositivo. Por tanto, en la mayoría de los dispositivos conocidos se han tomado las medidas oportunas para eliminar dichos defectos o evitar su formación conjuntamente. El documento WO

2006/059128 describe un dispositivo biestable con regiones de distorsión de esquina para conmutar, mediante la aplicación de un campo eléctrico, y una re-alineación de 90°, entre dos estados estables.

Comprendido de la invención.

5 Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo reflector multiestable de cristal líquido como se define en la reivindicación 1 más adelante.

En contraste con algunas disposiciones de la técnica anterior, en lugar de tratar de eliminar defectos, la presente invención se aprovecha de éstos y los usa para proporcionar estados multi-estables. De hecho, se usan las paredes de las estructuras de contención para inducir la formación de estructuras de defectos. Mediante la aplicación de un campo eléctrico apropiado, la región (o regiones) de distorsión se pueden conmutar entre estos estados. Esto se puede hacer sustancialmente en plano, evitando de ese modo o como mínimo reduciendo la pérdida del contraste en la visión oblicua.

10 La estructura de contención confinada de la presente invención aporta ventajas sobre los sistemas no confinados, tales como los descritos en el documento de Thurston y colaboradores publicado en Transacciones sobre dispositivos electrónicos de la IEEE, edición 27, número 11, páginas 2069-2080, 1980, en el sentido de que la región abierta entre las regiones conmutables del dispositivo de Thurston afectará perjudicialmente a las características de contraste y reflectancia en los dispositivos no confinados, mientras que en la presente invención la estructura de contención es homogénea y tiene un efecto óptico fijo calculable que se podría minimizar.

Otros aspectos de la presente invención se definen en las otras reivindicaciones que se especificarán más adelante.

20 Según otro aspecto de la invención, se provee un método de conmutar estados en un dispositivo de cristal líquido que contiene moléculas de cristal líquido dentro de una cavidad en una estructura de contención, según se define en la reivindicación 16 más adelante.

El dispositivo y el método de la invención se podrían usar para diversas aplicaciones incluyendo un sustrato de presentación visual, un dispositivo de fase para telecomunicaciones, un conmutador óptico o unas gráficas de fase cambiable.

25 Breve descripción de los dibujos.

A continuación se describen diversos aspectos de la invención solamente a título de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos de los que:

La figura 1 (a) es una vista en despiece ordenado de un dispositivo de cristal líquido;

La figura 1(b) es un corte transversal a través de la vista en despiece ordenado de la figura 1 (a);

30 La figura 2 es una representación de la alineación de moléculas de cristal líquido en un estado estable en una cavidad del dispositivo de la figura 1;

La figura 3 es una representación de la liberación de moléculas de cristal líquido en un estado estable diferente en una cavidad del dispositivo de la figura 1;

La figura 4 es una vista en planta de un dispositivo alternativo de cristal líquido;

35 La figura 5 (a) muestra un estado estable en una cavidad del dispositivo de la figura 4;

La figura 5 (b) muestra un estado estable diferente en una cavidad del dispositivo la figura 4; y

La figura 6 muestra la relación entre la amplitud de la tensión de conmutación y el tiempo para el que se aplica la tensión de conmutación con el fin de conmutar el dispositivo de la figura 4 entre estados estables.

Descripción específica.

40 La contención de cristales líquidos dentro de estructuras de contención que tengan ciertas formas y dimensiones puede conducir a la tendencia de las moléculas de cristal líquido a disponerse en uno de una multiplicidad de estados estables, teniendo cada estado estable diferentes estructuras de director y posiblemente diferentes ubicaciones de regiones de gran distorsión. Una ubicación de elevada distorsión es una región donde el orden de las moléculas de cristal líquido está significativamente reducido comparado con el grueso y se produce una gran distorsión elástica, según se ha descrito por Repnik y colaboradores en la Revista europea de Física, volumen 24, páginas 481-482, (2003)..

50 Las figuras 1 (a) y 1(b) muestran un dispositivo de cristal líquido reflector que tiene un material 10 de cristal líquido contenido dentro de una estructura 20 de contención que define una pluralidad de aberturas 21. La estructura 20 de contención está intercalada entre dos sustratos transparentes 30,35, que podrían tener unos preparados 40,45 de estrato de alineación adheridos a las caras en contacto con el material 10 de cristal líquido. La estructura 20 de

contención y los sustratos 30,35 definen juntos una pluralidad de cavidades para contener el material 10 de cristal líquido. El material 10 de cristal líquido dentro de cada cavidad la llena, de tal manera que el material de cristal líquido está en contacto directo con la totalidad de las paredes y/o superficies de la cavidad, y las cavidades adyacentes están completamente aisladas entre sí.

- 5 Un polarizador 50 está estratificado al exterior de un sustrato transparente 30 y sobre él se podría situar un filtro 70 de color. El filtro 70 de color podría estar provisto de una serie de tiras o cuadrados de secciones coloreadas transparentes. Cada cavidad podría tener una zona de filtro 70 de color en relación de asociación con ella. Cada filtro de color podría cubrir varias cavidades. El filtro 70 de color podría tener secciones coloreadas transparentes roja, verde y azul. Estratificado al sustrato 35 en la parte posterior del dispositivo hay un estrato reflector 85 que
10 actúa como una placa posterior reflectora.

- Como se muestra en las figuras 2 y 3, las cavidades de la estructura 20 de contención tienen una sección transversal aproximadamente hexagonal que dispone de unas esquinas 120, 130,140, 150,160, 170 afiladas o redondeadas en un plano paralelo a los sustratos transparentes 30,35. En otras realizaciones, la sección transversal de las cavidades podría ser cualquier polígono con esquinas de tal manera que la alineación de la mayor parte de
15 las moléculas de cristal líquido forme un ángulo oblicuo con la alineación de la mayor parte de las moléculas de cristal líquido en otro estado estable. La longitud de los lados de la sección transversal hexagonal de la cavidad podría ser diferente y podría estar comprendida entre 10 y 100 μm de longitud y la cavidad debería tener una profundidad comprendida entre 1 y 50 μm . La sección transversal hexagonal permite la posibilidad de dos o más estados estables.

- 20 En sus superficies y mirando al cristal líquido 10, los sustratos transparentes 30,35 tienen unos electrodos transparentes modelados 75,80 formados, por ejemplo, de un estrato delgado de un material conductor tal como óxido de estaño e indio. Para lograr una conmutación en plano, estos electrodos 75, 80 se podrían usar para producir un campo eléctrico con un componente en un plano paralelo al de los sustratos transparentes 30,35. Esto podría conseguirse por ejemplo disponiendo de unos electrodos escalonados de tal manera que el contra-electrodo
25 o electrodo auxiliar no esté directamente por debajo del electrodo de trabajo. Alternativa o adicionalmente, los electrodos se podrían incorporar en las paredes de la cavidad con el fin de producir un campo eléctrico paralelo al sustrato. Cada electrodo podría estar en relación de asociación con una o más cavidades, y podría existir más de un conjunto de electrodos para permitir la conmutación entre los dos o más estados estables.

- 30 Las cavidades de la estructura 20 de contención y los electrodos 75,80 en relación de asociación con las mismas podrían corresponder a un píxel de una imagen presentada visualmente, o varias cavidades y electrodos 75,80 podrían corresponder a un píxel con el fin de conseguir una salida de escala de grises o de pleno color.

- La alineación de las moléculas 10 de cristal líquido en la estructura 20 de contención viene dictada por una serie de factores. Por ejemplo, cuando la estructura 20 de contención está fabricada de un material de polímero, la dirección del polímero dicta la dirección de las moléculas. Alternativamente, cuando un material fotorresistente tal como SU8
35 se usa para crear la estructura 20 de contención, las moléculas preferiblemente yacen en cualquier dirección paralela a la superficie. Todavía como una alternativa más, cuando se usa un tratamiento homeotrópico, de superficie de alineación, las moléculas preferiblemente yacen en una dirección perpendicular a las superficies de la de cavidad, con las moléculas preferiblemente en alineación paralela en los sustratos transparentes 30,35.

- 40 Como se muestra en la figura 2, para las cavidades hexagonales y para una alineación plana de las moléculas 10 de cristal líquido en las paredes de la estructura 20 de contención y la alineación plana en los sustratos transparentes 30,35, las moléculas 10 de cristal líquido en la mayor parte de la región tienden alinearse en 45° con respecto a las paredes laterales de las cavidades y en un plano paralelo a los sustratos transparentes 30, 35. Para acomodarse a esta alineación preferida de las moléculas 10 de cristal líquido, se forman unas regiones de gran distorsión 100,110 en dos esquinas opuestas de la cavidad 120,150. La transición relativamente brusca entre las paredes vecinas de la
45 cavidad es ventajosa en la promoción de la formación de regiones localizadas de gran distorsión y en la fijación de estas regiones en las esquinas 120,150 de la cavidad. Las moléculas 10 de cristal líquido en la región de estos sitios 100, 110 de gran distorsión están orientadas diferentemente a la mayoría de las moléculas 10 de cristal líquido en el grueso. Cuanto más lejos esté una molécula de LC del sitio de gran distorsión, más será similar su orientación a la del grueso, es decir, a 45° con respecto a las paredes de la cavidad.

- 50 Como se muestra en la figura 3, la aplicación de un campo eléctrico adecuado que tenga un componente en el plano de la dirección de las moléculas 10 de cristal líquido resulta en el movimiento de las regiones de gran distorsión 100, 110, en este caso conmutando entre estar localizadas en las esquinas 120 y 150 de la cavidad y estar situadas en las esquinas 140 y 170 de la cavidad. La mayor parte de las moléculas 10 de LC se realinean para casar con el cambio en ubicación de las regiones de gran distorsión de tal manera que estén situadas a 45° con respecto a su dirección anterior, pero todavía yaciendo en un plano paralelo al de los sustratos transparentes 30,35.
55 De este modo la conmutación permanece en plano, es decir, la mayor parte de las moléculas 10 de cristal líquido siempre está situado en un plano paralelo al de los sustratos 30, 35. Esto tiene la ventaja de que permite un amplio intervalo de ángulos de visión debido a la ausencia de efectos de bi-refringencia y provee un elevado grado de contraste y de reflectividad debido a la conmutación a 45° entre estados.

Como el dispositivo de la presente invención es reflector, en uso la fuente luminosa 90 está situada en el mismo lado que el observador 95. La luz incidente sobre el dispositivo se polariza inicialmente mediante polarizador 50 en una primera dirección. Una de las posibles configuraciones 10 estables de cristal líquido es tal que la dirección de polarización de la luz se rota en 45° por el cristal líquido antes de ser reflejada por el elemento reflector 85 y luego se vuelve a rotar en 45° por el cristal líquido 10. La rotación total de la polarización de la luz en 90° significa que la luz se bloquea por el polarizador 50. Cuando se aplica una tensión entre los electrodos de un píxel, la mayor parte de las moléculas de cristal líquido se pueden conmutar en 45° , en un segundo estado estable, en el que las moléculas 10 de cristal líquido están alineadas predominantemente con la dirección del polarizador 50. La luz incidente 90 sobre este segundo estado estable se polariza, se transmite a través de cristal líquido, se refleja mediante el elemento reflector 85 y se transmite de nuevo a través del cristal líquido sin ningún cambio en la dirección de polarización. En este caso, el polarizador 50 permite que la luz sea emitida y observada. De este modo, la luz se detecta en 95 o la imagen se ve en el mismo lado del dispositivo que la fuente luminosa 90.

La agudeza de las esquinas de la cavidad determina tanto la estabilidad de los diferentes estados, donde las regiones de gran distorsión están situadas en diferentes esquinas, como la tensión necesaria para conmutar el dispositivo entre estados. Para esquinas más agudas, la barrera de energía elástica entre dos configuraciones moleculares diferentes es elevada en comparación con las esquinas más suaves. El aumento en la barrera de energía aumenta también la estabilidad de los dos estados e incrementa la tensión necesaria para conmutar entre los dos estados.

El dispositivo en el que se ha llevado a la práctica la invención aporta numerosas ventajas. El confinamiento del cristal líquido en cavidades significa que el dispositivo es menos susceptible que las disposiciones convencionales a los daños debidos a golpes y vibraciones. Adicionalmente, la alteración de la forma poligonal exacta de la cavidad permite el uso de dos estados uniformes estables que tienen energías idénticas. Esto permite una conmutación más fácil entre los dos estados.

Usando la invención, es posible lograr un dispositivo robusto que tenga unas buenas propiedades de contraste y reflectividad, un amplio intervalo de ángulos de visión con buenas características ópticas, un intervalo de escalas de grises o de todo color, la rotación de 45° de la luz entre estados y un bajo consumo de energía. Estas propiedades hacen a la presente invención particularmente útil en los interruptores ópticos, pantallas de presentación visual de cristal líquido y gráficas de fase variable. Las pantallas de presentación visual de cristal líquido según la presente invención son particularmente adecuadas como papel electrónico o pantallas de presentación visual en dispositivos portátiles debido al buen contraste, al amplio ángulo de visión, al bajo consumo de energía y a su capacidad para usar la asignación pasiva de direcciones y por tanto permitir el uso de significativamente más píxeles que en los dispositivos actuales.

Aunque el dispositivo anterior aísla ventajosamente el contenido de cada cavidad, en algunas situaciones podría ser preferible permitir una comunicación fluida entre cavidades, por ejemplo para ayudar al llenado de las cavidades con material de cristal líquido. Por tanto, en una realización alternativa como la que se muestra en la figura 4, dos o más de las cavidades están ligadas al menos por un canal 180. A medida que aumenta el tamaño del canal 180, aumenta la preferencia elástica del cristal líquido 10 para orientarse y alinearse en la dirección del canal 180. Si el canal 180 es demasiado ancho, entonces disminuye la estabilidad del estado estable en el que el cristal líquido 10 se alinea en dirección perpendicular a los canales 180, potencialmente hasta el punto en que este estado deja de ser estable. Adicionalmente, el canal 180 podría afectar a la óptica del dispositivo. Por tanto, con el fin de minimizar estos efectos, cada canal 180 es ventajosamente menor de $20\text{ }\mu\text{m}$ de ancho y preferiblemente menor de $5\text{ }\mu\text{m}$ de ancho.

Como una realización alternativa, el efecto de la alineación del canal anteriormente indicado se podría utilizar ventajosamente mediante el dimensionamiento y posicionamiento de los canales 180 para proveer como mínimo un estado estable adicional. Dependiendo de la orientación del polarizador 50 y de la posición de los canales 180, el estado adicional podría ser un estado "gris" en lugar de solamente claro u oscuro.

Las figuras 5 (a) y 5 (b) muestran respectivamente dos estados estables diferentes en una cavidad del dispositivo de la figura 4. Las moléculas de cristal líquido contenidas en la cavidad que se muestran en la figura 5 (a) se orientan con la dirección de polarización del polarizador 50, mientras que las moléculas de cristal líquido mostradas en la figura 5 (b) están orientadas a 45° con respecto al cristal líquido mostrado en la figura 5 (a). En este ejemplo, la cavidad tiene una extensión horizontal de $80\text{ }\mu\text{m}$ y está colocada bajo polarizadores cruzados. Se puede ver que el estado estable de la figura 5 (a) es más negro que el estado estable de la figura 5 (b).

La conmutación de los dispositivos anteriores depende del tiempo para el que se haya aplicado el campo de conmutación y de la máxima tensión aplicada. Un ejemplo de esto se muestra en la figura 6, que muestra la conmutación mediante la aplicación de un campo eléctrico de 10 kHz para diferentes periodos de tiempo y con máximas tensiones aplicadas. La operación del dispositivo en la región situada por encima de la línea 190 resulta en una conmutación entre estados estables, mientras que por debajo de la línea 190, no hay conmutación. Como puede verse, cuanto más corto sea el tiempo para el que se aplique el campo de conmutación, mayor será la máxima tensión aplicada requerida para lograr la conmutación, y viceversa.

- Los expertos en la técnica apreciarán que son posibles variaciones de las disposiciones divulgadas sin apartarse de la invención. Por ejemplo, con el fin de minimizar los efectos de la difracción, las cavidades situadas dentro de la estructura 20 de contención se podrían disponer de forma aleatoria. Alternativamente, si se requieren efectos de difracción, las cavidades se podrían disponer de un modo ordenado, por ejemplo en una rejilla de M por N, con el fin de lograr el efecto de difracción requerido, como es conocido en la técnica. Además, mientras que en el dispositivo descrito con referencia a las figuras 2 a 4, existe una alineación plana sobre las paredes de las cavidades y el material de los sustratos transparentes 30, 35 se selecciona de tal manera que las moléculas de cristal líquido en contacto con ellos tienden a alinearse en una dirección paralela a los mismos, se observará que se podrían usar en la calidad una técnica de alineación homeotrópica en la cavidad.
- 5
- 10 Según lo anterior, la descripción de la realización específica se ha hecho solamente a título de ejemplo y no con carácter limitativo. Para los expertos en la técnica, resultará evidente que se podrían hacer modificaciones de poca importancia sin cambios significativos en la operación descrita.

REIVINDICACIONES.

1. Un dispositivo de cristal líquido multiestable reflector que tiene unas moléculas (10) de cristal líquido entre dos sustratos en una o más cavidades (20) que tiene una forma poligonal en sección transversal, cuyas moléculas de cristal líquido están en contacto directo con cada cavidad, en donde se forma como mínimo una región (100, 110) de cristal líquido de elevada distorsión en una esquina (120,130,140,150,160,170) en cada cavidad, teniendo la región (o regiones) de distorsión como mínimo dos estados estables de distorsión, cuyo dispositivo tiene un polarizador de entrada y el dispositivo está configurado con unos electrodos destinados a aplicar un campo eléctrico que tiene un componente sustancialmente paralelo a los sustratos, por lo cual la región de distorsión es conmutable entre los como mínimo dos estados estables, con un ángulo oblicuo de rotación entre la dirección de las moléculas de cristal líquido en la mayor parte de la moléculas de cristal líquido en los como mínimo dos estados estables.
- 2 Un dispositivo de cristal líquido multiestable según la reivindicación 1, en donde las moléculas de cristal líquido y las cavidades están entre un estrato transparente y un estrato reflector.
3. Un dispositivo de cristal líquido multiestable según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde la mayoría de las moléculas de cristal líquido en como mínimo un estado estable están alineadas en un ángulo oblicuo con respecto a la dirección de la mayoría de las moléculas de líquido en como mínimo el otro estado estable, en el que la mayoría de las moléculas de cristal líquido en como mínimo un estado estable están alineadas sustancialmente a 45º con respecto a la dirección de la mayoría de las moléculas de cristal líquido en como mínimo el otro estado estable.
- 4.Un dispositivo de cristal líquido multiestable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las una o más cavidades tienen una sección transversal hexagonal.
5. Un dispositivo de cristal líquido multiestable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde existe una transición brusca entre ciertas paredes contiguas de cavidad.
- 6.Un dispositivo de cristal líquido multiestable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las paredes que definen las cavidades son sustancialmente perpendiculares a una base o sustrato.
7. Un dispositivo de cristal líquido multiestable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las regiones de gran distorsión están situadas en las esquinas de las cavidades.
8. Un dispositivo de cristal líquido biestable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la moléculas de cristal líquido en los estados estables están situadas en un plano sustancialmente paralelo a una base de la cavidad.
9. Un dispositivo de cristal líquido multiestable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las moléculas de cristal líquido en cada cavidad están aisladas de las moléculas de cristal líquido en las cavidades vecinas.
10. Un dispositivo de cristal líquido multiestable según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde como mínimo dos cavidades están enlazadas por como mínimo un canal , opcionalmente en donde el canal (o canales) 180 tienen menos de 20 µm de ancho y preferiblemente menos de 5 µm de ancho.
11. Un dispositivo de cristal líquido multiestable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo de cristal líquido es un dispositivo de cristal líquido nemático.
12. Un dispositivo de cristal líquido multiestable según cualquiera de las reivindicaciones referentes, en donde los electrodos están situados en las paredes de la cavidad.
13. Un dispositivo de cristal líquido multiestable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la estructura de contención está formada de un material fotorresistente o de un material polimérico.
14. Un dispositivo de cristal líquido multiestable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde al menos un electrodo está en relación de asociación con una o más cavidades, y fijado a un dispositivo de conmutación, opcionalmente en donde el dispositivo de conmutación contiene uno o más transistores peliculares delgados.
15. Un interruptor óptico o unas grátulas de fase cambiable o un dispositivo de fase para telecomunicaciones o un dispositivo de pantalla de presentación visual que incluye un dispositivo de cristal líquido multiestable según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 16.
16. Un método de conmutar estados en un dispositivo de cristal líquido que contiene moléculas de cristal líquido dentro de una cavidad en una estructura de contención, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.

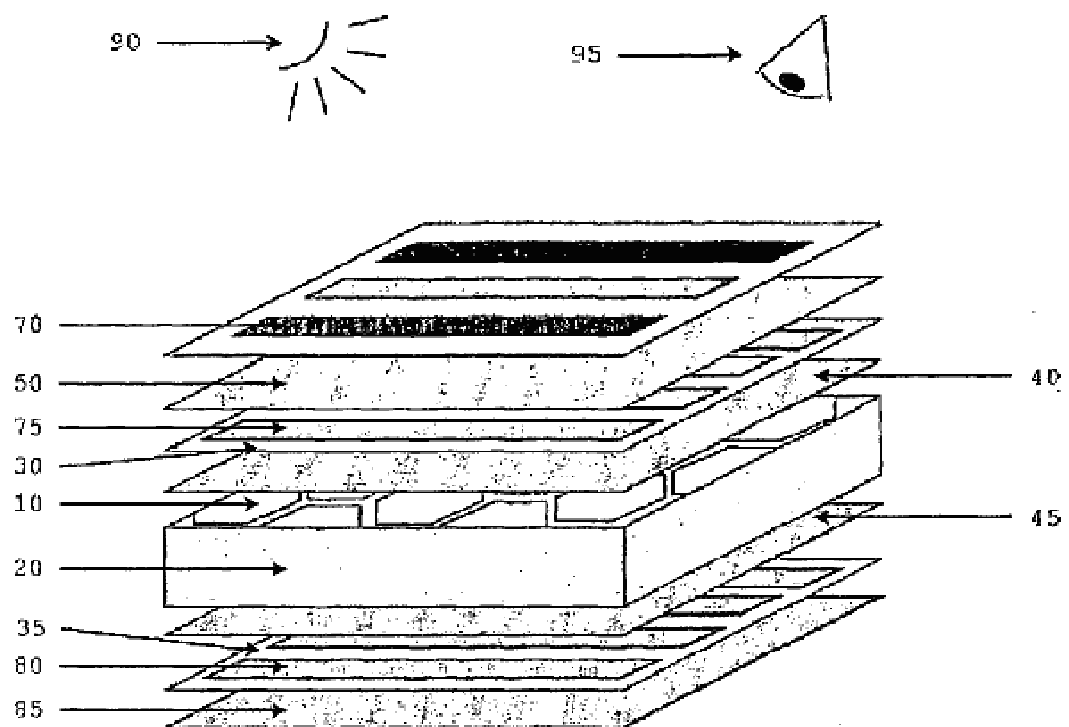


Figura 1a

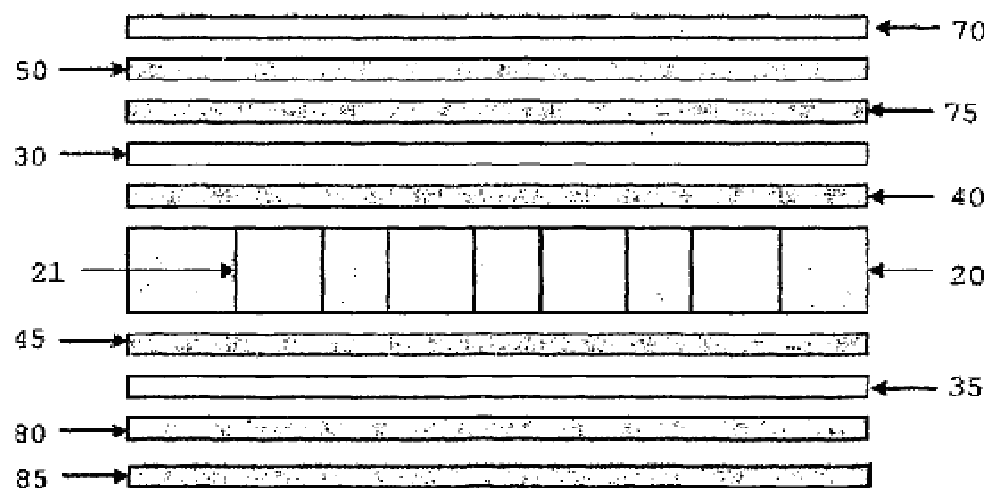


Figura 1b

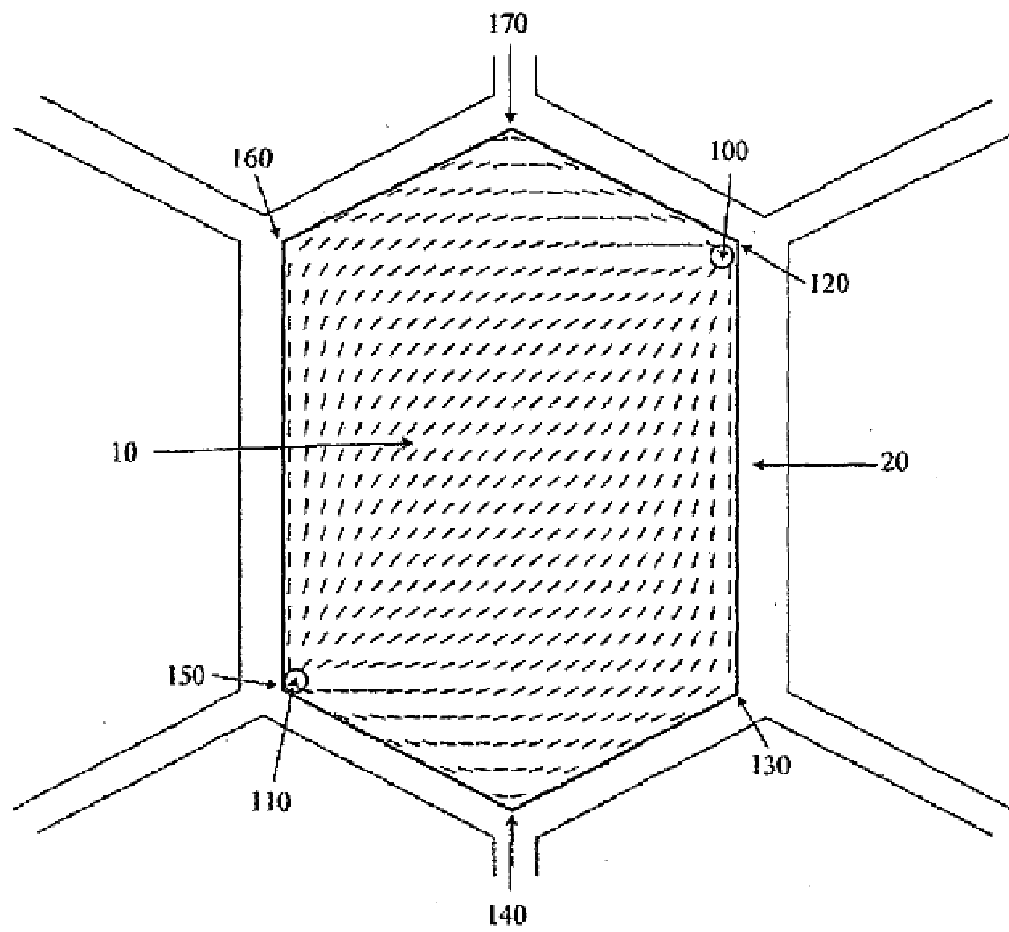


Figura 2

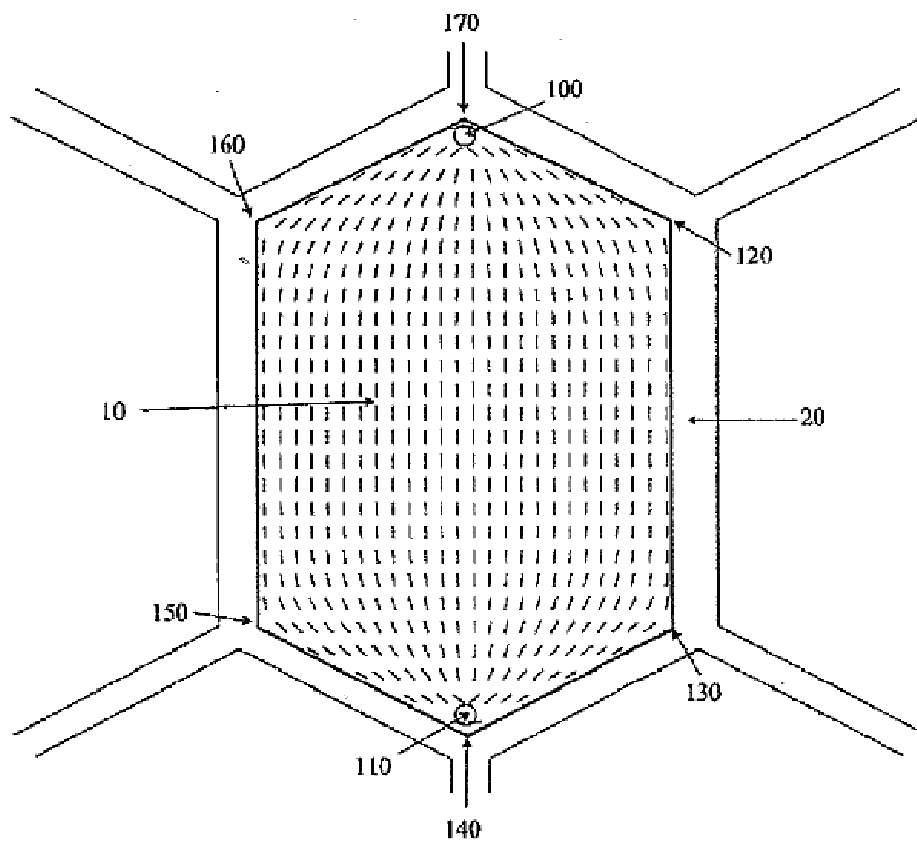


Figura 3

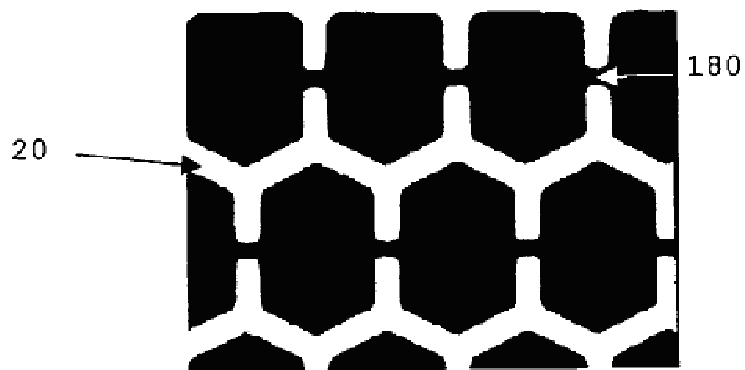


Figura 4

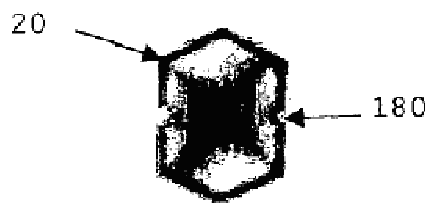


Figura 5 (a)

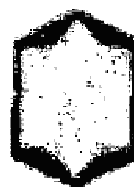


Figura 5 (b)

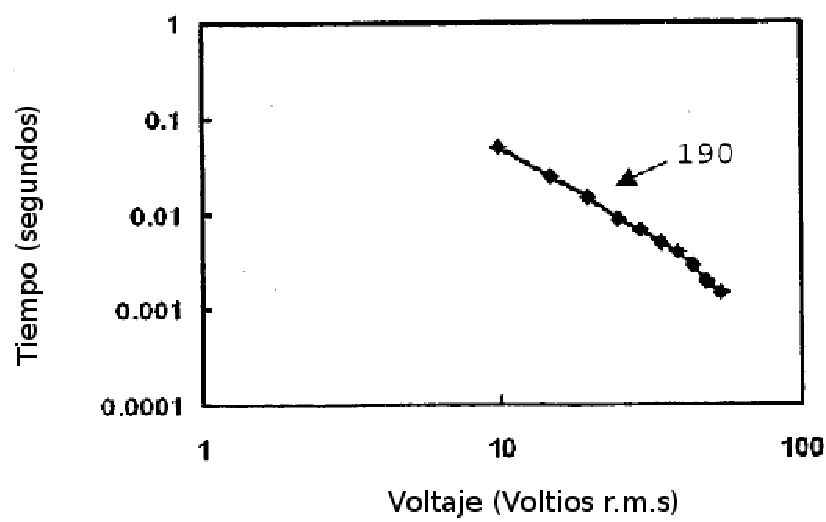


Figura 6