

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 829**

51 Int. Cl.:

G02F 1/13 (2006.01)

G02F 1/137 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2011 PCT/US2011/030371**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2011 WO11123457**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2011 E 11763329 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 2553520**

54 Título: **Dispositivo de cristal líquido termotrópico estabilizado por polímero**

30 Prioridad:

29.03.2010 US 318769 P
13.08.2010 US 373502 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.03.2020

73 Titular/es:

RAVENBRICK, LLC (100.0%)
2201 A Lawrence Street
Denver, CO 80205, US

72 Inventor/es:

MCCARTHY, WIL;
CRAMER, NEIL B.;
CALDWELL, CHRISTOPHER M.;
PICKFORD, MICHAEL;
KISH, MATTHEW B.;
LAFRATE, ANDREW y
POWERS, RICHARD M.

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 748 829 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 de cristal líquido termotrópico estabilizado por polímero.

5 **Antecedentes**Campo técnico

10 El objeto descrito en la presente memoria se refiere a un dispositivo de cristal líquido termotrópico de baja temperatura de punto de aclaramiento (del inglés, "clearing point") estabilizado por polímero. Las puestas en práctica de dichos dispositivos presentan aplicación en películas, materiales y dispositivos reguladores de la luz y reguladores de la temperatura, pasivos o activos, incluyendo materiales de construcción.

Descripción de la técnica relacionada

15 El problema de controlar el flujo de energía radiante, por ejemplo luz y calor, en particular en aplicaciones tales como regular la ganancia de calor solar en edificios y en otras aplicaciones, se ha resuelto anteriormente utilizando muchas metodologías ópticas e infrarrojas. Los materiales de foto-oscurcimiento se han utilizado durante décadas, por ejemplo en lentes de gafas de sol, para atenuar selectivamente la luz entrante al resultar estimulados por radiación ultravioleta (UV). Al incorporarlos en ventanas, dichos materiales pueden utilizarse para regular la temperatura interna de una estructura al oscurecerse, atenuando la luz solar brillante, y al volverse transparentes nuevamente, permiten que la luz artificial o luz diurna difusa los atraviese sin impedimentos. Dichos sistemas son pasivos y autorregulados, al no requerir ninguna señal externa aparte de la luz UV ambiente para funcionar. Sin embargo, debido a que están controlados por luz UV y no por la temperatura, dichos sistemas resultan de utilidad limitada en aplicaciones de regulación de la temperatura. Por ejemplo, pueden bloquear luz solar deseada en tiempo frío, así como luz solar no deseada en tiempo cálido. Además, no funcionan si se sitúan detrás de un material bloqueante de UV, tal como los revestimientos transparentes, espectralmente selectivos y de baja emisividad que son comunes en la industria de las ventanas.

30 La patente US nº 7.755.829 da a conocer un filtro óptico que puede utilizarse como una película para ventanas u otro material de construcción regulador de la luz y del calor que está compuesto por un cristal líquido termotrópico, de baja temperatura de punto de aclaramiento, nemático trenzado, intercalado entre dos polarizadores reflectantes que pueden utilizarse como película para una ventana u otro material de construcción regulador de la luz y del calor. De manera similar, la solicitud publicada de patente US nº 2009/0167971, de Powers *et al.*, se da a conocer un filtro de termo-oscurcimiento compuesto por un cristal líquido de baja temperatura de punto de aclaramiento intercalado entre dos polarizadores absorbentes, como componente de materiales de construcción, por ejemplo, una película para ventanas. Además, las solicitudes publicadas de patente US nº 2010/0045924 y nº 2010/0259698, de Powers *et al.* dan a conocer dispositivos de cristal líquido termotrópicos reguladores de la luz que no requieren sustratos polarizantes. Además, la solicitud publicada de patente US nº 2010/0045924, de Powers *et al.*, describe algunos procedimientos de fabricación de esta tecnología de filtración en los que el cristal líquido termotrópico se estabiliza mediante un polímero.

45 La mezcla de componentes de cristal líquido (LC) para obtener propiedades deseadas, tales como valores particulares de birrefringencia, temperatura de punto de aclaramiento, temperatura de cristalización y temperatura de fusión (por ejemplo, para la utilización en pantallas de vídeo) se ha puesto en práctica durante década y se encuentra bien descrita en la técnica anterior. La mezcla y curado de polímeros o redes de polímero estabilizadores dentro de un cristal líquido (por ejemplo, para la utilización en dispositivos de cristal líquido flexibles) asimismo se encuentra bien descrita. Sin embargo, no existen formulaciones anteriores de cristales líquidos estabilizados por polímero de baja temperatura de punto de aclaramiento termotrópicos adecuados para la utilización en dispositivos nemáticos trenzados térmicamente conmutados, reguladores de la luz y reguladores del calor.

55 El dopado o estabilización de las mezclas de cristal líquido con polímeros bajo diversas nomenclaturas, incluyendo, por ejemplo, cristal líquido dispersado en polímero (PDLC), cristal líquido potenciado por polímero (PELC), nemático trenzado estabilizado por polímero (PSTN), red de polímero nemático (PNTN), cristal líquido de píxeles aislados (PILC), dispersiones de cristal líquido y otros, asimismo se encuentra bien descrito. Por ejemplo, la patente US nº 7.355.668, de Satyendra *et al.*, da a conocer dispositivos de cristal líquido potenciado por polímero construidos con sustratos rígidos o flexibles que incluyen "columnas" de polímero formadas entre películas de sustrato mediante la separación de fases de un prepolímero (por ejemplo, adhesivo óptico Norland NOA77 o NOA78) y un cristal líquido (por ejemplo, Merck E7, E48 o E31), bajo la influencia de variaciones de temperatura. El prepolímero y cristal líquido se mezclan por encima de la temperatura de punto de aclaramiento del LC y después se enfrían por debajo de la temperatura de punto de aclaramiento, de manera que se separan las fases y se polimerizan.

65 Otro ejemplo es la patente US número 6.049.366, de Hassan-ali *et al.*, que da a conocer cristales líquidos estabilizados por polímero y dispositivos flexibles de los mismos. En este diseño, la separación de fases y curado del prepolímero del cristal líquido se producen bajo la influencia de una lámpara de curado de UV o fuente de calor.

El cristal líquido puede ser cualquiera de un amplio abanico de materiales dados a conocer en la solicitud, y el prepolímero puede ser cualquiera de un amplio abanico, incluyendo, además, aunque sin limitarse a ellos, CN934, CN94760, CN970A60, CN945B85 y UVS-500, disponibles de Croda Resins; resina EBECRYL 284 y 810, disponibles de UCB Chemicals; y la serie Photometric 6000 (6010, 6210, 6008, etc.), disponible de Henkel.

Las redes de polímero asimismo se forman mediante separación de fases y/o curado como resultado de (o inducida por) fotoiniciación, luz visible, luz infrarroja, campos eléctricos, láseres, haces de partículas cargadas o catálisis química, así como las amplias clases de separación de fases inducida por solvente (SIPS), separación de fases inducida térmicamente (TIPS) y separación de fases inducida por polimerización (PIPS), etc. Además, resulta posible imponer un patrón periódico o no periódico en el polímero a medida que cura mediante enmascaramiento y difracción, y otros procedimientos similares, de manera que se forma una imagen, cuadrícula, rejilla, material holográfico o fotónico, tal como se indica en, por ejemplo, "Holographic Polymer-Dispersed Liquid Crystals: Materials, Formation, and Applications", de Y. J. Liu y X. W. Sun (Hindawi Publishing Corporation, Advances in OptoElectronics, volumen 2008, Artículo ID 684349).

Debido a que los dispositivos de cristal líquido estabilizados por polímero indicados anteriormente están destinados a ser pantallas de vídeo que funcionan eléctricamente u otros dispositivos electro-ópticos, entre los dispositivos asociados a ellos se incluyen capas de electrodo transparentes (por ejemplo, óxido de indio-estaño) y se indican, además, explícita o implícitamente, cristales líquidos destinados a ser accionados (es decir, reorientados físicamente) por campos eléctricos.

El documento nº US2010/045924 describe un filtro de cristal líquido termocrómico fabricado mediante la provisión de dos polarizadores orientados en polaridad desfasada uno respecto al otro, proporcionando estructuras de alineación contiguas a las superficies internas de los polarizadores; situando una pluralidad de espaciadores entre los polarizadores, y llenando el espacio creado por los espaciadores con un cristal líquido termotrópico que actúa como un bloqueo de ondas en un estado isotrópico y que actúa como despolarizador en un estado nemático. Alternativamente, los filtros pueden crearse mediante encapsulado de un cristal líquido termocrómico con un material de polímero formando una película flexible y orientando el cristal líquido termocrómico en el material de polímero para crear una estructura que funciona como filtro óptico termocrómico. Dichos filtros pueden controlar el flujo de luz y calor radiante mediante reflexión selectiva, transmisión, absorción y/o reemisión. Los filtros presentan aplicación particular en películas, materiales y dispositivos reguladores de la luz y reguladores de la temperatura, y particularmente como materiales de construcción.

La información incluida en la presente sección de Antecedentes de la descripción, incluyendo cualesquiera referencias citadas en la presente memoria y cualquier descripción o comentario de las mismas, se incluye como referencia técnica y no debe considerarse como objeto limitativo del alcance de la invención según las reivindicaciones a continuación.

Sumario

Puede utilizarse un dispositivo basado en cristal líquido de baja temperatura de punto de aclaramiento térmicamente conmutado termotrópico estabilizado por polímero para la utilización en materiales de construcción reguladores de la luz, para formar filtros ópticos y de infrarrojo cercano termocrómicos o termotrópicos (por ejemplo, filtros para ventana termocrómicos, incluyendo filtros para ventana termorreflectantes), que pueden conformarse en una diversidad de formatos, incluyendo estructuras rígidas (por ejemplo, ventanas) y asimismo estructuras flexibles, ligeras y robustas (por ejemplo, películas). Las puestas en práctica del dispositivo dado a conocer en la presente memoria pueden estar compuestas por cinco elementos básicos: uno o más sustratos, uno o más tratamientos de superficie transparente o translúcida (que puede incluir capas parcialmente transparentes a una o más frecuencias de luz), una mezcla de cristal líquido (que puede incluir sistemas de huésped-hospedado), uno o más polímeros estabilizadores y espaciadores (que pueden incluir perlas, barras, fibras y otras estructuras similares espaciadoras, sean de forma regular o irregular). En las puestas en práctica descritas en la presente memoria, el cristal líquido estabilizado por polímero se reviste y se cura sobre por lo menos un sustrato, aunque en algunas formas de realización, el sustrato puede eliminarse posteriormente.

En una puesta en práctica, se forma sobre un sustrato transparente un dispositivo de cristal líquido termotrópico estabilizado por polímero redimensionable según se indica en la reivindicación 1. Una mezcla de componentes del cristal líquido reviste el sustrato. La mezcla de componentes de cristal líquido presenta una temperatura de punto de aclaramiento comprendida dentro de un intervalo típico de temperaturas atmosféricas y una temperatura de congelación inferior a una temperatura atmosférica mínima esperada. Asimismo se proporciona un medio para definir el grosor del revestimiento de la mezcla de componentes del cristal líquido. Se proporciona además un polímero estabilizador junto con la mezcla de componentes del cristal líquido sobre el sustrato. El polímero estabilizador puede adherirse al sustrato, el tratamiento de superficie, o ambos, y cura bajo la influencia de un estímulo externo. Puede proporcionarse además un tratamiento de superficie sobre el sustrato para estimular la adhesión polimérica del polímero estabilizador al sustrato. El tratamiento de superficie puede ser total o parcialmente transparente o translúcida a una o más bandas de longitud de onda.

En otra puesta en práctica, un procedimiento para fabricar un dispositivo de cristal líquido termotrópico estabilizado por polímero redimensionable según se indica en la reivindicación 10 incluye revestir un sustrato transparente con una mezcla de componentes del cristal líquido que presentan una temperatura de punto de aclaramiento comprendida dentro de un intervalo típico de temperaturas atmosféricas y una temperatura de congelación inferior a una temperatura atmosférica mínima esperada. A continuación, se define y se mantiene un grosor de la mezcla de componentes del cristal líquido. Se aplica un polímero estabilizador en el sustrato y se cura con un estímulo externo para adherir el polímero estabilizador al sustrato. Puede tratarse una superficie del sustrato con un material que es total o parcialmente transparente o translúcido a una o más bandas de longitud de onda y que estimula la adhesión del polímero al sustrato. Además, el grosor de la mezcla de componentes del cristal líquido puede definirse y mantenerse mediante la distribución de una pluralidad de espaciadores a microescala dentro de la mezcla de componentes del cristal líquido.

El presente sumario se proporciona para introducir una selección de conceptos en una forma simplificada que se describen adicionalmente después, en la sección de descripción detallada. El presente sumario no pretende identificar las características clave o las características esenciales de la materia objeto reivindicada, ni pretende ser utilizado para limitar el alcance de la materia objeto reivindicada. SE proporciona una presentación más amplia de características, detalladas, utilidades y ventajas de la presente invención según se define en las reivindicaciones, en la descripción escrita siguiente de diversas formas de realización de la invención y que se ilustra en los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una representación esquemática de un filtro óptico basado en cristal líquido termotrópico no estabilizado por polímero.

La figura 2 es una representación esquemática de un filtro óptico basado en cristal líquido termotrópico estabilizado por polímero, en el que el polímero estabilizador se concentra en una o más paredes de celda o juntas del borde para retener el cristal líquido.

La figura 3 es una vista en planta superior esquemática de una estructura de LC-polímero de fases separadas.

La figura 4 es una representación esquemática de un filtro óptico basado en cristal líquido termotrópico estabilizado por polímero, en el que el polímero estabilizador se distribuye a lo largo de la mezcla de cristal líquido.

Descripción detallada

Puede utilizarse un dispositivo basado en cristal líquido de baja temperatura de punto de aclaramiento térmicamente conmutado termotrópico estabilizado por polímero para la utilización en materiales de construcción reguladores de la luz, para formar filtros ópticos y de infrarrojo cercano termocrómicos o termotrópicos (por ejemplo, filtros para ventana termocrómicos, incluyendo filtros para ventana termorreflectantes, termoabsorbentes, termodifusivos y termofluorescentes), que pueden conformarse en una diversidad de formatos, incluyendo estructuras rígidas (por ejemplo, ventanas) y asimismo estructuras flexibles, ligeras y robustas (por ejemplo, películas). Las puestas en práctica del dispositivo dado a conocer en la presente memoria pueden estar compuestas por cinco elementos básicos: uno o más sustratos, uno o más tratamientos de superficie que son transparentes o translúcidos a uno o más intervalos de longitud de onda de luz, una mezcla de cristal líquido, uno o más polímeros estabilizadores, y espaciadores. Algunas formas de realización incluyen la totalidad de los cinco elementos, mientras que en otras formas de realización, pueden combinarse las funciones de dos o más elementos en un único elemento. En las puestas en práctica descritas en la presente memoria, el cristal líquido estabilizado por polímero se reviste y se cura sobre por lo menos un sustrato.

La expresión “estabilizado por polímero” con respecto a cristales líquidos nemáticos trenzados con frecuencia se refiere específicamente a la estabilización del estado nemático mismo. Es decir, debido a que los polímeros se curan en una organización que estimula la alineación nemática (sea lineal, por ejemplo, homotrópica, planar-nemática o nemática trenzada) de las moléculas del cristal líquido, pueden reducirse los tiempos de conmutación y los requisitos energéticos del dispositivo de cristal líquido (por ejemplo, una pantalla de vídeo electro-óptica). Los dispositivos de cristal líquido o las formulaciones descritas como “estabilizadas por polímero” con frecuencia presentan porcentajes de polímero inferiores a ~5%. A la inversa, los dispositivos de cristal líquido o las formulaciones descritas como “dispersadas en polímero” con frecuencia presentan porcentajes de polímero mucho más elevados (por ejemplo, de 10% o superior). Sin embargo, las dos expresiones con frecuencia se utilizan intercambiamente, tanto entre sí como con otras expresiones citadas anteriormente, tal como red de polímero, etc.

En el contexto de la presente invención, el término “estabilizado” se define en un subconjunto de los significados anteriores, incluyendo la estabilización física, la estabilización de la orientación del LC, la contención mecánica o encapsulado, el espaciado, etc., del material de cristal líquido y de cualesquiera dispositivos que incorporan el

material. De esta manera, en el contexto de la presente memoria, la expresión “cristal líquido estabilizado por polímero” comprende el cristal líquido dispersado en polímero (PDLC), el cristal líquido potenciado por polímero (PELC), el nemático trenzado estabilizado por polímero (PSTN), la red de polímero nemático trenzado (PNTN), el cristal líquido de píxeles aislados (PILC) y cualquier otra formulación compuesta de LC en la que se mezclan, intercalan o alternan polímeros con el cristal líquido para los fines indicados en la presente memoria. Además, dicha definición debe interpretarse independientemente de la alineación y morfología del cristal líquido, de manera que describe formulaciones adecuadas no sólo para estados y dispositivos nemáticos trenzados, sino asimismo supertrenzados, de alineación vertical, esmécticos, de huésped-hospedador, de fase azul, celda pi, quirales, discóticos y un amplio abanico de otros estados y dispositivos de cristal líquido. Además, dicha definición no se refiere y ni resulta afectada por ningún mecanismo particular de inducción de separación de fases del polímero respecto del cristal líquido, o el curado o polimerización del polímero (por ejemplo, por calor, fotoiniciación, UV, luz visible, cambios controlados de temperatura, cambios de la concentración del solvente, catálisis química, etc.). Finalmente, el término debe interpretarse independientemente del mecanismo preciso de polimerización, de manera que los polímeros formados mediante la unión de monómeros mediante “polimerización por adición”, “polimerización por condensación”, “polimerización de crecimiento escalonado”, “polimerización por crecimiento de cadena” u otros mecanismos se describirá igualmente bien como “polímeros estabilizadores”.

En las formas de realización ejemplificativas indicadas en la presente memoria, el sustrato puede ser por lo menos parcialmente transparente o translúcido a algunas longitudes de onda de luz, de manera que permite la transmisión de luz en un intervalo particular de longitudes de onda (por ejemplo, radiación solar, que incluye luz visible y radiación del infrarrojo cercano). En una forma de realización ejemplificativa, el sustrato o sustratos pueden consistir o pueden incorporar estructuras o materiales polarizantes que permitan un “obturador” óptico, en el que el cristal líquido es un cristal líquido nemático trenzado termotrópico tal como se describe en, por ejemplo, la patente US nº 7.755.829, de Powers *et al.* En otra forma de realización ejemplificativa, el sustrato o sustratos pueden ser no polarizantes, para permitir un “obturador” óptico, en el que el cristal líquido es un cristal líquido de huésped-hospedador termotrópico, tal como se indica en, por ejemplo, la solicitud publicada de patente US nº 2010/025968, de Powers *et al.* En casos en que se aplica un tratamiento de superficie transparente o translúcido en el sustrato o sustratos, la composición real del sustrato puede no resultar de gran importancia, excepto en la medida en que el material debe permitir la adhesión adecuada del tratamiento superficial. En otros casos, el tratamiento de superficie puede combinarse con el sustrato como un único elemento, y en estos casos, la composición puede resultar de gran importancia.

El tratamiento de la superficie transparente se aplicó en un material de sustrato o posiblemente se combinó con un material de sustrato (es decir, un sustrato seleccionado de manera que no requiere un tratamiento de superficie o que sirve como su propio tratamiento de superficie). El tratamiento de superficie estimula la adhesión y evita la reacción química con los materiales del cristal líquido estabilizado por polímero. Dependiendo del tipo de LC, el tipo de transición de fase termotrópica y el tipo de estabilización de polímero utilizado en el dispositivo, el tratamiento de superficie asimismo puede servir de capa de alineación del cristal líquido. En tal caso, el tratamiento de superficie puede frotarse, estirarse, grabarse o, de otro modo, texturizarse, con el fin de estimular la alineación de las moléculas del cristal líquido. O el tratamiento de superficie puede inducir la alineación de otras maneras, por ejemplo mediante propiedades químicas o físicas innatas. Además, el tratamiento de superficie puede servir como un revestimiento dicróico con un índice de refracción diferente del índice de refracción del sustrato y/o del cristal líquido. El tratamiento de superficie puede servir además como anclaje para otras moléculas, tales como moléculas de pigmento. En formas de realización ejemplificativas, el tratamiento de superficie puede ser un polímero curable. Entre las clases químicas apropiados pueden incluirse, aunque sin limitarse a ellas, cianoacrilatos de etilo, cianoacrilatos de metilo, adhesivos tiol-eno, acrilatos, diacrilatos, triacrilatos, metacrilatos, acrilatos de uretano y epóxidos acrilados.

Entre los ejemplos específicos de tratamientos de superficie que pueden resultar apropiados para dicha aplicación pueden incluirse, aunque sin limitarse a ellos, uno o más de los siguientes: acrilato de 2-(2-etoxietoxi)etilo 13; acrilato de tetrahidrofurfurilo 18; diacrilato de 1,6 hexanodiol 22; diacrilato de tripropilenglicol 17; diacrilato de polietilenglicol 10; diacrilato de neopentilglicol propoxilado 16; triacrilato de trimetilolpropano 28; triacrilato de trimetilolpropano etoxilado 19; Sartomer SR295, SR339, SR340, o SR368; Sartomer CN9008; Sartomer CN991; Sartomer PRO12127 y PRO12228; cualquiera de la familia Devcon PB de adhesivos; Bekaert Specialty Films Hardcoat-D y Hardcoat-RB; resinas Croda CN934, CN94760, CN970A60, CN945B85 y UVS-500; UCB Chemicals EBECRYL resinas 284 y 810; y cualquiera de la serie Henkel Photometric 6000 (6010, 6210, 6008, etc.).

Se encuentran crecientemente disponibles sobre una diversidad de sustratos, incluyendo películas de polímero, revestimientos inorgánicos transparentes o translúcidos, tales como SiO₂, TiO₂, SnO, zafiro, carbono adiamantado y una diversidad de otros materiales. Algunas formas de realización del dispositivo de LC pueden utilizar tratamientos de superficie inorgánicos en lugar de, o además de, los orgánicos. Asimismo puede resultar deseable que el tratamiento de superficie sea un material termoplástico (por ejemplo, como un adyuvante para el termosellado o como medio de fusión por calor de las perlas espaciadoras en su sitio). Entre los materiales ejemplificativos que resultan adecuados a dicha utilización se incluyen poliésteres amorfos, tales como tereftalato de polietileno amorfo (APET), tereftalato de polietileno modificado con glicol (PETG) y copolímero de etilenglicol-ácido tereftálico-1,4-ciclohexanodimetanol (PCTG), aunque existen muchos otros, entre ellos termoplásticos de

elevado punto de fusión, tales como etileno-propileno fluorado (FEP), etilén tetrafluoroetileno (ETFE) y politetrafluoroetileno (PTFE).

5 Debe indicarse que los materiales de alta birrefringencia, tales como tereftalato de polietileno (PET), tereftalato de polietileno cristalino (CPET) y polipropileno orientado biaxialmente (BOPP) no resultan generalmente adecuados debido a su interferencia con las propiedades ópticas de polarizadores y LC, aunque existen algunos usos (por ejemplo, como retardantes o láminas de onda) en los que la birrefringencia de hecho resulta ventajosa, en el caso de que se alineen correctamente los ejes ópticos de las diferentes capas. Los procedimientos para alinear retardantes y otros materiales birrefringentes en una pila óptica están bien descritos en la técnica anterior y no necesitan mayor explicación en la presente memoria.

10 El cristal líquido puede consistir generalmente en una mezcla de componentes del cristal líquido seleccionados por las propiedades siguientes: una temperatura de punto de aclaramiento dentro de un intervalo de temperaturas atmosféricas de entre 10°C y 40°C; una temperatura de congelación inferior a una temperatura de funcionamiento mínima esperada de -40°C; estabilidad frente a UV, de manera que puede esperarse una vida útil prolongada en ambientes exteriores, y buena miscibilidad, de manera que es improbable que los componentes del cristal líquido se separen con el tiempo. Una temperatura de congelación baja puede proporcionar un amplio intervalo nemático para el LC y evitar la cristalización del LC, que puede convertirlo en opaco a temperaturas exteriores típicas y, por lo tanto, antiestético (o incluso no funcional) en aplicaciones transparentes, tales como películas para ventanas. Asimismo resulta deseable, aunque no necesario, que el cristal líquido presente una toxicidad baja, por ejemplo, una dosis oral en adultos humanos LD50 de 100 ml o superior. Es conocido que mezclas de cianobifenilos, incluyendo 3CB, 4CB, 5CB, 6CB, 7CB, 8CB y 8OCB, funcionan bien a este respecto, y puede introducirse un aditivo, tal como B2, en cantidades pequeñas, para ajustar la temperatura de punto de aclaramiento hacia arriba, según se desea.

15 Por ejemplo, una mezcla de 67% de 5CB y 33% de 7CB presenta una temperatura de punto de aclaramiento de aproximadamente 37°C, mientras que una mezcla de 40% de 3CB, 40% de 5CB y 20% de 7CB presenta una temperatura de punto de aclaramiento de aproximadamente 33°C. Una mezcla más compleja, que combina 40% de 3CB, 4% de 4CB, 40% de 5CB, 15% de 7CB y 1% de B2, presenta una temperatura de punto de aclaramiento de aproximadamente 34°C. La totalidad de estas mezclas presenta una buena estabilidad frente a UV y una temperatura de congelación muy inferior a -40°C. Sin embargo, las mezclas que incluyen cianobifenilos de número par (4CB, 6CB, 8CB) se observa que son menos químicamente estables con el tiempo al exponerlos a temperaturas superiores a 50°C. Para aplicaciones en materiales de construcción, en las que resultan posibles temperaturas diurnas de 80°C e incluso de 90°C, estos componentes pueden resultar menos deseables. A la inversa, las mezclas de cianobifenilos de número impar (3CB, 5CB, 7CB) pueden ser más estables con el tiempo a dichas temperaturas elevadas, y de esta manera, pueden resultar particularmente adecuadas para aplicaciones de material de construcción, tales como ventanas inteligentes. Además, las fórmulas pueden modificarse para proporcionar una temperatura de punto de aclaramiento superior o inferior al intervalo típico de temperaturas atmosféricas, de manera que las propiedades termotrópicas de la mezcla de componentes del cristal líquido resultan afectadas a temperaturas de funcionamiento, excepto en ambientes exóticos, incluyendo, aunque sin limitación, por ejemplo, vehículos motorizados, aeronaves y vehículos espaciales.

20 Entre otros aditivos útiles pueden incluirse ésteres y cianoterfenilos, y el cristal líquido asimismo puede contener una pequeña cantidad (típicamente de aproximadamente un décimo de uno por ciento, aunque se han utilizado con éxito otras cantidades) de dopante quiral, tal como Merck ZLI-811 o Huarui Scientific S811, para reducir la apariencia de líneas de disclinación durante la transición de nemático a isotrópico y viceversa, o durante otras transiciones de fase termotrópicas. Al contrario que muchos componentes del LC, 5CB y 6CB son líquidos a temperatura ambiente y pueden servir como solventes eficaces para otros numerosos componentes de cristal líquido que normalmente serían sólidos a temperatura ambiente. De esta manera, puede resultar más conveniente mezclar componentes del LC que se encuentran en forma de polvos a temperatura ambiente en otros componentes del LC que se encuentran en forma líquida, en lugar de fundir los polvos y después mezclarlos entre sí, o mezclar los polvos entre sí y después calentarlos hasta que todos se hayan fundido. El LC puede ser una mezcla eutéctica y/o presentar un amplio intervalo nemático además de una baja temperatura de punto de aclaramiento.

25 La técnica de mezclar de componentes del cristal líquido es generalmente conocida y las formulaciones anteriores son puestas en práctica únicamente ejemplificativas de la presente tecnología. Propiedades tales como la temperatura de punto de aclaramiento tienden a ser próximas a las temperaturas de punto de aclaramiento de los componentes individuales, ponderadas por sus porcentajes en la mezcla. Otras propiedades, tales como la temperatura de congelación, mejoran con la mezcla de componentes no similares, de manera que, aunque dos componentes puedan presentar individualmente temperaturas de congelación de 35°C (por ejemplo), al mezclarse entre sí típicamente presentarán una temperatura de congelación mucho más baja (por ejemplo, inferior a -40°C), ya que se requieren temperaturas más bajas (es decir, movimientos moleculares más pequeños) para producir un orden totalmente cristalino en las moléculas disimilares. Todavía otras propiedades, tales como la resistencia a UV, pueden estar controladas por el componente más débil de la mezcla, ya que la química no deseada puede empezar a aparecer tan pronto como cualquier componente de la mezcla empiece a degradarse. Pueden seleccionarse mezclas que sean miscibles entre sí en el ambiente esperado. Estos son principios familiares en la

técnica de los LC, y puede producirse una diversidad de mezclas de cristal líquido apropiadas a la tecnología dada a conocer en la presente memoria.

Un listado parcial de componentes de cristal líquido que pueden utilizarse en puestas en práctica de los dispositivos indicados en la presente memoria puede incluir lo siguiente: compuestos orgánicos aromáticos y alifáticos, tales como bencilidén-anilinas, generalmente preparadas a partir de la reacción de benzaldehído parasustituido y anilina parasustituida; N-(p-alcoxibencilidén)-p-amioestirenos, preparados a partir de la reacción del aldehído apropiado con p-aminoestireno; derivados de beta-sitosterol; amil-éster activo de amino-cinamato de ciano-bencilideno; compuestos que contienen p-fenileno, tales como p-alcoxibenzoatos de p-fenileno, aminoacetofenonas, aminopropiofenonas, fenilendiaminas, clorofenilendiaminas, tereftalatos, difenilacetilenos p,p'-disustituidos, 1,4-difenilbutadienos p,p'-disustituidos, fenilbenzoatos p,p'-disustituidos, carbonatos de fenilalquilo sustituidos y carbonatos de difenilo, ácidos p-n-alquilbenzoico, ácidos p-n-alcoxibenzoico y bases de Schiff preparadas a partir de benzaldehídos p-sustituidos y compuestos de los tipos siguientes: p-fenilendiaminas, 4,4'-diaminobifenilos, 4-fenilazoanilinas, naftilaminas y naftilendiaminas.

Entre los compuestos de cristal líquido específicos para la utilización en puestas en práctica indicadas en la presente memoria pueden incluirse uno o más de los siguientes: p-4-etoxibencilidén-aminocinamato de etilo, dietil-éster de ácido p,p'-azoxibenzoico, N-(p-metoxibencilidén)-p-aminoestireno, N-(p-butoxibencilidén)-p-aminoestireno, p-azoxianisol, p-hexiloxibencalazina, p-azoxifenotol, p-anisilidén-p-bifenilamina, p-etoxibencilidén-p-bifenilamina, acetato de p-anisilidén-p-aminofenilo, acetato de p-etoxibencilidén-p-aminofenilo, acetato de p-n-hexiloxibencilidén-p-aminofenilo, acetato de p-n-hexiloxibencilidén-p-aminofenilo, ácido deca-2,4-dienoico, 4,4'-di-n-heptoxiazoxibenceno, 4,4'-di-n-pentoxiazoxibenceno, 4,4'-di-n-butoxiazoxibenceno, 4,4'-dietoxi-azoxibenceno, ácido undeca-2,4-dienoico, ácido nona-2,4-dienoico, 4,4'-dimetoxiestilbeno, 2,5-di(p-etoxibencilidén)ciclopentanona, 2,7-di-(bencilidén-amino)fluoreno, 2-p-metoxibencilidén-amino-fenantreno, 4-metoxi-4'-nitro-p-terfenilo, 4-p-metoxibencilidén-aminobifenilo, 4,4'-di(bencilidén-amino)bifenilo, ácido p-n-hexilbenzoico, ácido p-n-propoxibenzoico, ácido trans-p-metoxicinámico, ácido 6-metoxi-2-naftólico, di-p-anisato de p-fenileno, di-p-etoxibenzoato de p-fenileno, di-p-n-hexiloxibenzoato de p-fenileno, di-p-n-heptiloxibenzoato de p-fenileno, p-fenileno di-p-n-octiloxibenzoato, di-p-anisato de 1,4-biciclo[2.2.2]octileno, di-p-n-octiloxibenzoato de 1,4-biciclo[2.2.2]octileno, di-p-n-butoxibenzoato de trans-1,4-ciclohexileno, 4,4'-di(p-metoxibencilidén-amino)dibencilo, p,p'-diacetoxiestilbeno, 1,2-di(p-metoxifenil)-acetileno, ácido p-(p-acetoxiazox)benzoico, 1,4-di-(p-metoxifenil)-butadieno, p-anisal-p-anisidina, p,p'-dimetoxidibenzal-1,4-naftalendiamina, ácido p-n-butylbenzoico, p,p'-di-n-butildifenilpiridazina, p-(p-cianobenzal) anisidina, ácido p-(p-metoxibenzoxi) benzoico, anisal-p-aminozobenceno, 1-(4'-anisalamino)-4-fenilazonaftaleno, N-(p-metoxibencilidén)-p-n-butylanilina, N-(p-n-octiloxibencilidén)-p-n-butylanilina, p-anisiliden-p-fenilazoanilina, N,N'-dibencilidénbencidina, N,N'-di(p-n-hexiloxibencilidén) bencidina, p-bis(heptiloxibenzoiloxi)benceno, ácido p-n-propoxibenzoico, ácido p-n-butoxibenzoico, ácido p-n-amiloxibenzoico, ácido p-n-hexiloxibenzoico, ácido p-n-heptiloxibenzoico, ácido p-n-octiloxibenzoico, butil-p-(p-etoxifenoxycarbonil)fenilcarbonato, p-(p-etoxi-fenilazo)-fenilheptanoato, 4-[(p-hexiloxycarboniloxibencilidén)amino]-1-pentiloxibenceno, N-p-(pentiloxycarboniloxi)bencilidén]-p-anisidina, butil carbonato de p-[(p-butoxifenil)azo]fenilo, hexanoato de p-(p-etoxifenilazo)fenilo, valerato de p-(p-etoxi-fenilazo)fenilo, p-[(p-etoxibencilidén)amino]benconitrilo, p-[(p-metoxibencilidén)amino]benzonitrilo, p-[(p-metoxibencilidén)amino]cinamato de etilo, crotonato de p-(p-etoxifenilazo)-fenilo, p-toluato de p-[(p-metoxibencilidén)amino]-fenilo, p-[(p-metoxibencilidén)amino]-fenilbenzoato, p-[(p-etoxibencilidén)amino]fenilbenzoato, N,N'-di(p-metoxibencilidén)- α,α' -bitoluidina, p-anisalazina, ácido 4-acetoxi-3-metoxicinámico, ácido p-acetoxicinámico, p,p'-azoxidicinamato de 4'-[(p-pentiloxycarboniloxibencilidén)amino]valerofenol dietilo, 4-butoxibencilidén-4'-aminoacetofenona, 4-deciloxibencilidén-4'-aminoacetofenona, 4-dodeciloxibencilidén-4'-aminoacetofenona, 4-heptiloxibencilidén-4'-aminoacetofenona, 4-hexiloxibencilidén-4'-aminoacetofenona, 4-metoxibencilidén-4'-aminoacetofenona, 4-noniloxibencilidén-4'-aminoacetofenona, 4-octiloxibencilidén-4'-aminoacetofenona, 4-pentiloxibencilidén-4'-aminoacetofenona, 4-propoxibencilidén-4'-aminoacetofenona, 4-butoxibencilidén-4'-aminopropiofenona, 4-heptiloxibencilidén-4'-aminopropiofenona, 4-hexiloxibencilidén-4'-aminopropiofenona, 4-metoxibencilidén-4'-aminopropiofenona, 4-noniloxibencilidén-4'-aminopropiofenona, 4-octiloxibencilidén-4'-aminopropiofenona, 4-pentiloxibencilidén-4'-aminopropiofenona, 4-propoxibencilidén-4'-aminopropiofenona, bis-(4-bromobencilidén)-2-cloro-1,4-fenilenodiamina, bis-(4-chlorobencilidén)-2-cloro-1,4-fenilenodiamina, bis-(4-n-deciloxibencilidén)-2-cloro-1,4-fenilenodiamina, bis-(4-n-dodeciloxibencilidén)-2-cloro-1,4-fenilenodiamina, bis-(4-n-hexiloxibencilidén)-2-cloro-1,4-fenilendiamina, bis-(4-metoxibencilidén)-2-cloro-1,4-fenilendiamina, bis-(4-noniloxibencilidén)-2-cloro-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-octiloxibencilidén)-2-cloro-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-pentiloxibencilidén)-2-cloro-1,4-fenilendiamina, bis-(4-bromobencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-clorobencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-deciloxibencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-dodeciloxibencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-heptiloxibencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-fluorobencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-heptiloxibencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-hexiloxibencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-noniloxibencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-hexiloxibencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-noniloxibencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-octiloxibencilidén)-1,4-fenilendiamina, bis-(4-n-pentiloxibencilidén)-1,4-fenilendiamina, tereftal-bis-(p-bromoanilina), tereftal-bis-(p-cloroanilina), tereftal-bis-(p-fluoroanilina), tereftal-bis-(p-yodo-anilina) y similares.

Entre los materiales cristalinos líquidos nemáticos para la utilización en las puestas en práctica indicadas en la presente memoria pueden incluirse los siguientes: p-azoxianisol, p-azosifenetol, ácido p-butoxibenzoico, ácido p-

metoxi-cinámico, butil-p-anisilidén-p-aminocinamato, p-amino-fenilacetato de anisilideno, ácido p-etoxi-benzal-amino-a-metil-cinámico, 1,4-bis(p-etoxibencilidén)ciclohexanona, 4,4'-dihexiloxibenceno, 4,4'-diheptiloxibenceno, anisal-p-amino-azo-benceno, anisaldazina, α -bencén-azo-(ansal- α -naftilamina), n,n'-nonoxibenzetoluidina; anilinas del grupo genérico (p-n-alkoxibencilidén-p-n-alquilanilinas), tales como p-metoxibencilideno p'-n-butilanilina, p-n-butoxibencilidén-p'-aminofenilacetato, p-n-octoxibencilidén-p'-aminofenilacetato, p-n-bencilidén-propionato-p'-aminofenilmetóxido, p-n-anixilidén-p'-aminofenilbuterato, p-n-butoxibencilidén-p'-aminofenilpeatoato y mezclas de los mismos.

Entre los compuestos ciano-orgánicos conjugados que resultan útiles pueden incluirse los siguientes: 7,7',8,8'-tetracianoquinodimetano (TCNQ), (2,4,7,-trinitro-9-fluorenilidén)-malono-nitrilo (TFM), p-[N-(p'-metoxibencilidén)amino]-n-butyl-benceno (MBBA), p-[N-(p'-etoxibencilidén)amino]-butylbenceno (EBBA), butirato de p-[N-(p'-metoxibencilidén)amino]fenilo, n-butyl-p-(p'-etoxifenoxicarbonil)fenilcarbonato, p-metoxi-p'-n-butylazoxibenceno, p-etoxi-p'-n'-butylazobenceno, p-[N-(p'-metoxibencilidén)amino]benzonitrilo (BBCA), p-[N-(p'-metoxibencilidén)amino]benzonitrilo (BBCA), p-[N-(p'-hexilbencilidén)amino]benzonitrilo (HBCA), benzoato de pentilfenilmetoxi, benzoato de pentilfenilpentiloxi, benzoato de cianofenilpentilo, benzoato de cianofenilheptiloxi, benzoato de cianofeniloctiloxi y benzoato de cianofenilmetoxi.

En principio, cualquiera de dichos materiales de cristal líquido podría servir como componentes de puestas en práctica del dispositivo de LC, con la condición de que los materiales se mezclen en las proporciones correctas para producir la temperatura de punto de aclaramiento, temperatura de congelación, estabilidad frente a UV y miscibilidad deseadas. Por ejemplo, la obra "Liquid Crystal Dispersions" (Paul S. Drzaic, World Scientific Publishing Co., Ltd., 1995, ISBN 981-02-1745-5) es una vista general de la industria que contiene cientos de recetas de cristales líquidos dispersados en polímero. En cada caso, se describen dichas fórmulas como destinadas a dispositivos operados eléctricamente (por ejemplo, pantallas de vídeo). En la mayoría de casos, se identifican específicamente electrodos transparentes laminados. Además, las temperaturas de punto de aclaramiento de los cristales líquidos generalmente no se mencionan o comentan debido a que se supone generalmente que las temperaturas de punto de aclaramiento de los dispositivos de cristal líquido electroópticos son claramente superiores a las temperaturas de funcionamiento deseadas de los dispositivos. Los cristales líquidos termotrópicos y cristales líquidos de baja temperatura de punto de aclaramiento no se mencionan o implican, y cuando las mezclas de cristal líquido se mencionan por su nombre, son preparaciones comerciales, tales como E7, que presentan temperaturas de punto de aclaramiento claramente definidas (aunque no se indican en la obra) que son claramente superiores al intervalo de conmutación útil de un material de construcción termocrómico o termotrópico. Por ejemplo, la mezcla E7 de Merck presenta una temperatura de punto de aclaramiento de aproximadamente 60°C (140°F), mientras que el intervalo de temperaturas de punto de aclaramiento de un material de construcción termotrópico (por ejemplo, una película de ventana "inteligente" térmicamente conmutada) puede ser más típicamente de entre 10°C y 40°C.

Por lo tanto, debe apreciarse que las formulaciones indicadas y resumidas por Drzaic no incluyen los dispositivos ópticos de LC dispersados en polímero térmicamente conmutados (no eléctricamente conmutados). Sin embargo, los equivalentes termotrópicos de las formas de realización descritas por Drzaic pueden construirse retirando aparato eléctrico, tal como capas conductoras transparentes, y sustituyéndolo por cristal líquido de baja temperatura de punto de aclaramiento similar por los cristales líquidos de elevada temperatura de punto de aclaramiento identificados (por ejemplo, una mezcla de 3CB, 5CB y 7CB sustituida por E7). Dichas preparaciones son claramente diferentes en su funcionamiento y aplicación que las formas de realización indicadas y referenciadas en Drzaic y otros en la técnica anterior y no se describen o consideran explícitamente en las mismas. Por lo tanto, las formas de realización de la tecnología actualmente dada a conocer pueden encontrarse además en forma de equivalentes termotrópicos de las formas de realización descritas por Drzaic.

El polímero estabilizador puede mezclarse a una concentración de entre 0,01% y 99,9% en peso o volumen dentro del cristal líquido (dependiendo del dispositivo y funcionalidad deseados), o espacialmente dentro de alguna parte del cristal líquido, y puede consistir en un material de polímero termoplástico, termostático o reticulable curable. Sin embargo, según la presente invención, la concentración de polímero estabilizador es de 5% o inferior. Entre los ejemplos de dichos materiales se incluyen, aunque sin limitación, los siguientes: Sartomer SR295, SR339, CD2098, CN120, CN135 o CN153; diacrilato de epoxi bisfenol-A; adhesivos ópticos Norland 65, 68, 78 y 81; cualquiera de la familia de adhesivos Devcon PB y Loctite 3942. El polímero estabilizador además puede consistir o incluir moléculas funcionalizadas en cualquier extremo (por ejemplo, diacrilatos, tales como Sartomer CD9038) y moléculas de cristal líquido funcionalizadas (por ejemplo, 6CB funcionalizado, comercializado por Sigma Aldrich bajo el número de catálogo 588474, asimismo conocido como $C_{23}H_{25}NO_3$, CAS número 117318-91-9). Además, los materiales que producen buenos tratamientos de superficie, tal como se definen anteriormente, para dicha aplicación asimismo son capaces de servir de polímeros estabilizadores de manera que, en principio, cualquiera de los materiales listados anteriormente como tratamientos de superficie asimismo puede utilizarse en calidad de ellos. Por ejemplo, en el caso de que se utilice Sartomer PRO12228 tanto como tratamiento de superficie como polímero estabilizador, la resistencia al pelado de la estructura resultante es relativamente elevada, ya que el polímero PRO12228 se adhiere a sí mismo mejor que a la mayoría de otros polímeros. El polímero estabilizador puede incluir además uno o más fotoiniciadores (por ejemplo, Irgacure 1173), de manera que polimeriza en repuesta a longitudes de onda particulares de luz, o iniciadores térmicos (por ejemplo, AIBN), de manera que

polimeriza en respuesta al calor.

El estímulo de curado puede aplicarse uniformemente o semiuniformemente en todo el dispositivo, tal como con una lámpara de curado de UV, o puede aplicarse en un patrón (por ejemplo, mediante una fotomáscara, rejilla de difracción, patrón de interferencia, camino de exposición programada, etc.). Además, el estímulo puede variar con el tiempo (por ejemplo, mediante una luz estroboscópica o controlador de modulación por anchura de pulso) con el fin de ajustar la separación de fases y/o la velocidad de curado del polímero estabilizador. Debe apreciarse que las estructuras en capas (incluyendo los reflectores de Bragg distribuidos y otros filtros de tipo interferencia) y estructuras tridimensionales (incluyendo cristales fotónicos, rejillas holográficas, imágenes y patrones diseñados para controlar los efectos de dispersión) pueden formarse de esta manera y pueden formar parte de la estructura. Además, el polímero o polímeros estabilizadores pueden servir de puntos de anclaje para las moléculas del LC o para otros componentes u objetos, tales como moléculas de pigmento.

La formación de una red de polímero dentro de un cristal líquido puede resultar en una pluralidad de interfaces de desajustes de refracción que contribuyen a enturbiar. Por lo tanto, puede resultar deseable seleccionar el polímero o polímeros y/o el cristal o cristales líquidos para que correspondan con el índice de refracción del polímero con el del cristal líquido, junto con uno o más índices o ejes ópticos, y/o el índice de refracción del sustrato o sustratos, o tratamiento o tratamientos de superficie, u otros componentes. Puede resultar deseable seleccionar las propiedades de los diversos elementos (por ejemplo, la capa de alineación, o la alineación inducida por polímero del cristal o cristales líquidos) para orientar el cristal o cristales líquidos (y, de esta manera, asimismo componentes, tales como materiales huésped), de manera que para la luz polarizada (tal como es, por ejemplo, transmitida a través de un sustrato polarizante), los índices de refracción del cristal o cristales líquidos que interactúan con esta polarización corresponden mejor con los de la estabilización del polímero, sustrato o sustratos, tratamiento o tratamientos de superficie, etc. Asimismo puede resultar deseable seleccionar el LC y polímero de manera que sean mutuamente solubles, o alternativamente, de manera que sean inmiscibles. Asimismo puede resultar posible reducir la turbidez mediante la limitación del grosor de las fibras de polímero (de manera que estén más próximas al orden de una longitud de onda de la luz) y/o mediante la orientación de la dirección de dichas fibras localmente a lo largo o a través del director del cristal o cristales líquidos, o mediante selección de la estabilización del polímero para que resulte más absorbente.

Las perlas espaciadoras pueden mezclarse a una concentración de entre 0.01% y 5.0% en peso o volumen dentro del cristal líquido, y pueden consistir en vidrio, sílice, vidrio funcionalizado (por ejemplo, metacrilado) o esferas a microescala de polímero (por ejemplo, de 3.5 micras de diámetro o mayores). Los espaciadores Skisui Micropearl y los espaciadores Merck Licristar es conocido que funcionan bien para dicha aplicación. Sin embargo, el elevado coste de dichas perlas espaciadoras se debe principalmente a sus formas exactamente esféricas y estrecha tolerancia de tamaño. Asimismo pueden utilizarse formulaciones de perlas espaciadoras con distribuciones más grandes de tamaño y/o forma, y pueden costar significativamente menos. Asimismo pueden utilizarse mezclas de perlas espaciadoras aleatorias y de precisión (por ejemplo, 50% aleatorias y 50% Licristar). Sin embargo, una distribución de tamaños mayor asimismo puede implicar generalmente una separación más grande de las celdas de manera que, en algunos casos, los ahorros de coste en perlas espaciadoras pueden resultar compensados por un uso incrementado de cristal líquido.

Los espaciadores no necesitan ser esféricos y, en muchos casos, no necesitan ser transparentes y pueden, de hecho, formar parte del material de sustrato o el tratamiento de superficie, debido a que se entremezclan microesferas u otros objetos con dichos materiales, o debido a que dichos materiales han sido grabados, estampados, arrugados o químicamente autoensamblados, etc., de manera que se forman "bultos" sobre sus superficies que son capaces de actuar de espaciadores. Por ejemplo, un patrón cuadrulado de líneas o puntos construido o estampado en las superficies de un material podría servir la misma función que una pluralidad de perlas espaciadoras. En otra forma de realización ejemplificativa, las perlas espaciadoras se mezclan con un polímero (por ejemplo, Sartomer PRO12228) y se utilizan para revestir la superficie del sustrato a modo de tratamiento de superficie.

Por los motivos mencionados anteriormente, puede resultar deseable hacer corresponder el índice de refracción de las perlas espaciadoras con el del cristal líquido, polímero estabilizador u otros componentes o capas con el fin de reducir su contribución de turbidez.

La figura 1 es de la solicitud de patente US nº 2010/0045924, de Powers *et al.*, y es una representación esquemática de un filtro óptico a base de cristal líquido termotrópico no estabilizado con polímero 100. El espacio entre los materiales de sustrato 101 (por ejemplo, películas polarizantes) se rellena con una mezcla de cristal líquido 102 y espaciadores 103. Los espaciadores 103 en este diseño son microscópicos, esféricos y presentan una varianza de tamaño pequeña, proporcionando una separación uniforme de celda entre los materiales de sustrato 101, de manera que las propiedades ópticas del cristal líquido 102 no varían de maneras indeseables con la localización.

La figura 2 es una representación esquemática de un dispositivo de filtro óptico termocrómico 200 que utiliza una mezcla de cristal líquido termotrópico estabilizado por polímero según las puestas en práctica descritas

anteriormente. En la presente forma de realización, tal como con la figura 1, la mezcla de cristal líquido 202 rellena el espacio entre los materiales de sustrato 201 (por ejemplo, las películas polarizantes). En contraste con la técnica anterior, sin embargo, el dispositivo 200 puede formarse con una o más paredes de celda o juntas de borde realizadas en un polímero o mezcla de polímeros estabilizador 205 que forma una o más celdas de cristal líquido. Lo anterior puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante inyección del polímero estabilizador 205 en el perímetro del dispositivo 200, entre los materiales de sustrato 201, y el curado del mismo con calor, radiación UV o cualquier otro procedimiento de curado apropiado. Alternativamente, el polímero estabilizador puede combinarse con el tratamiento de superficie en forma de una única capa y seleccionarse de manera que el material sea termosellable, y puede formarse una junta en el perímetro del filtro, o en cualquier otro sitio dentro o por el filtro, mediante un sellador térmico. En cualquier caso, el polímero estabilizador 205 forma una barrera de retención que evita que la mezcla de cristal líquido 202 escape del dispositivo 200. Alternativamente, el mismo patrón o un patrón equivalente puede estamparse mediante curado o formarse de otra manera en el sustrato o tratamiento de superficie, produciendo paredes que proporcionan el mismo efecto. En este caso, el sustrato o material de tratamiento de superficie y el polímero estabilizador pueden de hecho ser el mismo material.

En una puesta en práctica ejemplificativa, el polímero estabilizador 205 puede distribuirse en forma de un prepolímero en toda la masa de la mezcla de cristal líquido 202 en el momento de ensamblaje del dispositivo de filtro 200. El dispositivo de filtro 200 posteriormente puede irradiarse con UV o radiación similar a través de una fotomáscara u otra estructura atenuadora de la luz periódica, de manera que la separación de fases y curado del prepolímero forma una pluralidad de paredes de celda o juntas de borde que subdivide el dispositivo de filtro 200 en una pluralidad de celdas de cristal líquido. Esta organización presenta la ventaja de que el dispositivo puede cortarse en trozos más pequeños (por ejemplo, con tijeras u otra cuchilla de corte) y la mezcla de cristal líquido 202 resultará retenida en cada una de las celdas que no se corta individualmente. De esta manera, el filtro puede redimensionarse, por ejemplo en el punto de utilización. Además, en el caso de que la mezcla de cristal líquido 202 se seleccione apropiadamente, la viscosidad y tensión superficial, en combinación con la energía superficial o la humectabilidad del sustrato, pueden ser tales que la mezcla de cristal líquido 202 resulta retenida incluso dentro de las celdas cortadas. Es decir, puede resultar energéticamente favorable para que la mezcla de cristal líquido 202 se mantenga dentro de la celda cortada y no se escape de la misma, aunque fuerzas mecánicas tales como la presión aplicada o la torsión pueden resultar suficientes para expulsarla o para admitir aire que puede desplazarla. En este caso, puede resultar deseable aplicar un polímero estabilizador adicional 205 a lo largo del borde cortado y curarlo mediante cualquiera de los procedimientos indicados anteriormente con el fin de resellar el borde cortado y maximizar de esta manera la zona termotrópica o termocrómica del dispositivo o dispositivos cortados o redimensionados.

En una forma ejemplificativa de este dispositivo de bordes estabilizados, los sustratos superior e inferior se cortan a las mismas dimensiones. Se aplica un tratamiento de superficie acrílico, por ejemplo Sartomer PRO12228 solvatado en isopropanol, en ambas películas con una barra de Mayer, se deja que se seque a un grosor de aproximadamente 1.4 micras, y se cura bajo una lámpara de UV de mercurio hasta una dosis total de UV-A de 26 J/cm². Se aplica una capa de alineación en cada superficie frotándola con una barra de frotamiento recubierta de un trapo, un cilindro de pulido rotatorio o aparato equivalente. Se introduce una mezcla de LC y perlas espaciadoras entre las dos películas y se extiende con un rodillo, escobilla, espátula envuelta en fieltro, o equivalente, y se saca pasando un trapo cualquier exceso de LC de los bordes utilizando un pañuelo de papel o toallita limpiadora para sala limpia. A continuación, pueden sellarse los cuatro bordes del filtro utilizando una junta de 0.635 cm (1/4 de pulgada) de anchura realizada en fotopolímero Devcon 18305, inyectado en torno al perímetro del dispositivo utilizando una jeringa neumática con punta de aguja y después se curan con una dosis de UV-V de 10-15 J/cm². El filtro está entonces preparado para el redimensionado.

Un borde del filtro puede cortarse con una cuchilla para papel, cuchilla giratoria, cortadora láser, troqueladora, chorro de agua, tijeras o cualquier procedimiento o dispositivo equivalente. La viscosidad y tensión superficial de la mezcla de cristal líquido proporcionan retención dentro del borde cortado con la condición de que el filtro no se someta a flexión excesiva. A continuación, se fija el filtro en una superficie (por ejemplo, una alfombra de silicona adhesiva) y se sella nuevamente el borde cortado y se cura nuevamente utilizando Devcon 18305 mediante el procedimiento ya indicado anteriormente. Puede dejarse una pequeña "abertura" abierta en una esquina para permitir la liberación de presión y evitar un "efecto de bote de ketchup" de salida a chorro de material al aplicar presión en el filtro. Se fuerza la salida del exceso de LC por el "puerto" utilizando las herramientas mencionadas anteriormente, en ocasiones con ayuda de la gravedad, y después se "taponan" el puerto con fotopolímero 18305 y se cura, tal como se ha indicado anteriormente. A continuación, se lamina el filtro sobre vidrio utilizando un adhesivo sensible a la presión bloqueante de UV, tal como Cytec GMS-AX4000, con una presión máxima de rodillo de presión 482.6 MPa (70 psi) para evitar la formación de burbujas de vacío o moretones de presión (zonas de las que se han excluido las perlas espaciadoras) en el cristal líquido. Entre las condiciones típicas para este procedimiento de laminación se incluyen una temperatura del rodillo de 100°F y una velocidad de 1.0106 cm/s (2 pies/min), aunque es conocido que otras condiciones asimismo funcionan.

En otra forma de realización ejemplificativa, los sustratos son polarizadores con respaldo de adhesivo LG Chem, y los tratamientos de superficie son películas de APET transparentes de 25 micras de grosor que han sido laminadas en la capa adhesiva y se han frotado con un cilindro de pulido para producir una capa de alineación. En

la presente forma de realización, el tratamiento de superficie sirve asimismo como polímero estabilizador. El espacio entre los dos sustratos de superficie tratada se rellena con una mezcla de cristal líquido y perlas espaciadoras, y los bordes del filtro se termosellan con un sellador de temperatura constante a 212°C durante 12 segundos. A continuación, el filtro puede redimensionarse convenientemente en cualquier tiempo mediante termosellado de una nueva costura a su través, cortando después a lo largo de la costura.

Mediante el corte y nuevo sellado de uno o dos bordes, resulta posible formar un filtro redimensionado de cualesquiera dimensiones rectangulares más pequeño que el filtro original y, mediante el corte de múltiples bordes de esta manera, o mediante el corte en ángulos o en línea que no son rectos, resulta posible crear un filtro de cualquier forma. Algunas mezclas de cristal líquido pueden presentar suficientes viscosidad y tensión superficial para llevar a cabo este procedimiento sin necesidad de un polímero estabilizador dispersado por las mismas. Sin embargo, en el caso más general, puede utilizarse un polímero estabilizador para potenciar la viscosidad y la tensión superficial de la mezcla de cristal líquido.

La mezcla de cristal líquido 202 puede contener adicionalmente perlas espaciadoras (no representadas) y puede contener además uno o más polímeros estabilizadores adicionales 205. Además, los materiales de sustrato 201 pueden presentar uno o más tratamientos de superficie transparentes o translúcidos (no representados) aplicados en ellos para estimular la adhesión y/o humectabilidad, proporcionando una capa de alineación del cristal líquido, y/o para evita reacciones físicas o químicas no deseadas entre la mezcla de cristal líquido 202, el polímero estabilizador 205 y los materiales de sustrato 201. Sartomer PRO12228 funciona bien en la presente solicitud, aunque puede utilizarse una gran pluralidad de otros materiales en sustitución o adicionalmente.

La figura 3 es una vista de planta superior esquemática de una estructura de LC-polímero de fases separadas 300, en la que dicha estructura de LC-polímero de fases separadas no forma parte de la presente invención, en la que la mezcla de cristal líquido 302 ha formado gotas o huecos dentro de una matriz de polímero 305 o, alternativamente, en la que el polímero estabilizador 305 ha formado estructuras de pared o junta que interpenetran el cristal líquido 302 y se unen o adhieren al sustrato o sustratos o al tratamiento o tratamientos de superficie (no representados). La separación de fases de la mezcla de cristal líquido 302 y el polímero estabilizador 305 puede conseguirse más fácilmente en el caso de que las moléculas de la mezcla de cristal líquido 302 sean polares y las moléculas del polímero estabilizador 305 sean no polares, o a la inversa, en el caso de que las moléculas de la mezcla de cristal líquido 302 sean no polares y las moléculas del polímero estabilizador 205 sean polares. Sin embargo, lo anterior no resulta estrictamente necesario, y muchos ejemplos de la presente forma de realización pueden utilizar combinaciones polar-polar y no polar-no polar con buen efecto.

Por ejemplo, en una forma de realización ejemplificativa, la mezcla de cristal líquido 302 puede ser una mezcla de cianobifenilos de número impar (por ejemplo, 3CB, 5CB y 7CB) y el polímero estabilizador 305 puede ser una mezcla de 92.2% de reticulante Sartomer CD9038, 4.9% de monómero plastificador Sartomer SR339, 2.4% de fotoiniciador de luz visible H-Nu 470X y 0.5% de epóxido Sartomer CN153, disuelta en la mezcla de cristal líquido 302 en un porcentaje en peso de 15%. Se añadieron perlas de cristal líquido de 10 µm a razón de 0.35% del peso total de la mezcla. El sustrato polarizador (TAC) recibió una cubierta externa de 25% en peso de Sartomer PRO12228 solvatado en IPA y después se curó durante 8 minutos bajo una lámpara de mercurio centrada en la longitud de onda de 420 nm. A continuación, se pretrata el sustrato con IPA y después se crea una capa de alineación utilizando un tampón cilíndrico de algodón en la dirección de enrollado del sustrato. Asimismo puede añadirse una etapa de tratamiento con corona después de la alineación, para estimular la adhesión de la mezcla de polímero al material de la cubierta externa. A continuación, se carga la mezcla de polímero entre dos sustratos alineados que han sido calentados a 40°C. Se aplica presión para eliminar exceso de mezcla de polímero y se mantiene una separación de celdas y se define a partir del tamaño de la perla espaciadora. A continuación se separa esta mezcla de polímero 305 de la mezcla de cristal líquido 302 mediante "enfriamiento ultrarrápido" de 40°C a -15°C durante un periodo de 60 segundos y después se cura durante 30 minutos bajo una lámpara de mercurio con una longitud de onda central de 420 nm.

La estructura representada en la figura 3 es una pluralidad de burbujas de cristal líquido encapsuladas en una pluralidad de celdas de polímero cerradas. Sin embargo, antes del curado, esta estructura puede desarrollarse con el tiempo de manera que las burbujas de cristal líquido se fusionan y crecen, y las paredes de polímero se fusionan y se encogen, hasta que la estructura se convierte en una red de celdas abiertas interpenetrada por cristal líquido (no encapsulado). A continuación, las paredes de polímero pueden formar estructuras de "paisley" aisladas y finalmente postes circulares aislados que unen los sustratos superior e inferior pero que no se conectan entre sí. Tras un tiempo adicional, finalmente estos pilares pueden "desmoronarse" y formar una capa o revestimiento sobre el sustrato o tratamiento de superficie inferior. Sin embargo, puede aplicarse el estímulo de curado en cualquier punto a lo largo de este desarrollo, deteniendo el procedimiento y convirtiendo las estructuras de polímero-LC en duraderas. La totalidad de las estructuras indicadas anteriormente puede formarse mediante el procedimiento descrito anteriormente.

En otra forma de realización ejemplificativa, la separación de fases se lleva a cabo mediante gradientes de energía de curado. Se utilizan las mismas mezclas y procedimiento de curado que en el ejemplo anterior, excepto en que se lamina temporalmente una fotomáscara (por ejemplo, un patrón de rejilla microscópico impreso sobre vidrio o

una película de polímero) sobre la superficie superior de la muestra y se omite la etapa de enfriamiento ultrarrápido. El curado tiene lugar en el estado isotrópico del LC, a una temperatura de 50°C. En este caso, las paredes de celda formadas por la mezcla de polímero 0305 no se autoensamblan aleatoriamente, sino que se forman según el patrón en la fotomáscara (por ejemplo, una cuadrícula de líneas bien formadas).

5 En todavía otra forma de realización ejemplificativa, el polímero estabilizador se imprime sobre una película polarizante recubierta con PRO12228 frotada mediante chorro de tinta, anilox, malla de seda u otro procedimiento estándar de impresión, de manera que se forma un patrón de paredes, paisley, postes, etc. El polímero puede curarse parcialmente o no con el fin de estimular la adhesión y/o evitar el corrimiento o desmoronamiento del patrón. A continuación, la mezcla de cristal líquido se utiliza para revestir la parte superior de dicha estructura de polímero y se lamina un segundo polarizador sobre la parte superior. A continuación se cura la estructura completa de la misma manera que la indicada anteriormente.

10
15 En todavía otra forma de realización ejemplificativa, se utiliza el polímero estabilizador sobre el sustrato inferior en una capa uniforme y después se expone la capa a una dosis de curado parcial de radiación a través de una fotomáscara, y el polímero no curado se arranca con un solvente de una manera comparable al procedimiento utilizado en fotolitografía con semiconductor. A continuación, se añade LC y se cura la estructura completa tal como se ha indicado anteriormente. Alternativamente, el polímero estabilizador puede ser un adhesivo sensible a la presión (PSA) que no requiere ningún curado. En este caso, el polímero se dispone en patrón ("patterned") sobre el sustrato tal como se ha indicado anteriormente, aunque sin curado parcial o precurado, después el patrón de PSA impreso se reviste con LC y el sustrato superior se lamina sobre la parte superior sin curado final.

20 Sin embargo, estas son recetas únicamente ejemplificativas y puede utilizarse una gran pluralidad de otros componentes y procedimientos en sustitución de, o alternativamente a, los mismos efectos o efectos similares, es decir, la formación de paredes de polímero para contener el cristal líquido y adherirse a uno o más sustratos y/o uno o más tratamientos de superficie.

25 La separación de fases de los componentes del polímero o prepolímero del LC pueden crear celdas o juntas en torno al cristal líquido. El grosor de las "paredes" o juntas y la distancia media entre ellas puede controlarse mediante una selección apropiada de componentes del LC (incluyendo propiedades tales como viscosidad, solubilidad en la mezcla de polímeros, peso molecular, polaridad, etc.), componentes del polímero o prepolímero (incluyendo propiedades tales como viscosidad, solubilidad en la mezcla de LC, peso molecular, polaridad, etc.), perfiles temporales y de temperatura, concentraciones de espaciadores, separación de celdas de LC, perfil de curado (por ejemplo, perfil de dosis de UV en sistemas curables con UV), etc. Análogamente, una versión de las celdas o juntas es que pueden considerarse estructuras de tipo PDLC "degeneradas", en las que han aparecido "burbujas de jabón" de polímero hasta que únicamente está prevista una capa de "burbujas" sin partes superiores o inferiores, sólo lados que forman las paredes de celda o juntas. Esta posibilidad se señala únicamente a título de ejemplo y no debe interpretarse como limitativa. Antes del curado, la temperatura de punto de aclaramiento del cristal líquido puede resultar afectada por prepolímeros disueltos en el mismo, los cuales pueden afectar a los procedimientos necesarios para llevar a cabo la separación de fases y estructuras de polímero deseadas.

30
35
40 La estructura de fases separadas representada en la figura 3 se encuentra comprendida en la presente memoria únicamente a título de ejemplo. La separación de fases no resulta necesaria para que el polímero estabilizador lleve a cabo su función.

45 La figura 4 es una representación esquemática de un filtro óptico termocrómico 400 que utiliza una mezcla de cristal líquido termotrópico estabilizado por polímero. Tal como anteriormente, la mezcla de cristal líquido 402 se encuentra entre los dos materiales de sustrato 401 (por ejemplo, películas polarizantes) y el polímero estabilizador 405 puede curarse dentro de la misma, aunque no necesariamente con fases separadas. Por el contrario, puede entremezclarse con la mezcla de cristal líquido 402 a una escala mucho menor (por ejemplo, a escala molecular), de manera que forma una red fibrosa o esponjosa que presenta características que pueden ser excesivamente pequeñas para resolverlas con un microscopio óptico ordinario. La mezcla de cristal líquido 402 puede ser una combinación de componentes de cristal líquido seleccionados de manera que presentan los valores deseados de temperatura de punto de aclaramiento, temperatura de congelación, estabilidad frente a UV y miscibilidad, junto con propiedades químicas/mecánicas que provocan que las moléculas se alineen y cambien de fase de la manera deseada. No se muestran las perlas espaciadoras en la imagen por claridad, pero pueden encontrarse presentes en la mezcla, tal como se muestra en la figura 1.

50
55
60 En la puesta en práctica mostrada en la figura 4, se ha aplicado un tratamiento de superficie transparente 404 en ambas películas de sustrato 401 del dispositivo de LC termocrómico estabilizado por polímero 400, utilizando procedimientos de revestimiento estándares y se forma una red de polímero 405 dentro del cristal líquido 402. Tales procedimientos generalmente implican mezclar un prepolímero con el cristal líquido 402 en un determinado porcentaje (por ejemplo, 5% en peso) y después de aplicar un estímulo que induce (cierta) separación de fases del prepolímero y cristal líquido 402 y asimismo cura el prepolímero en polímero. El estímulo exacto requerido depende del prepolímero que se utilice, así como cualesquiera dopantes, catalizadores o iniciadores que pueden encontrarse presentes, y cualesquiera propiedades inhibitorias que pueden encontrarse presentes en el sustrato

o materiales del LC. Por ejemplo, muchas películas polarizantes son altamente atenuantes de la luz UV (por ejemplo, una atenuación superior a 99%), de manera que el curado con UV del polímero no resulta práctico. Sin embargo, la adición de un fotoiniciador de luz visible podría posibilitar el curado de un material nominalmente curable con UV utilizando luz visible (por ejemplo, luz violeta de 420 nm de longitud de onda), que puede perder sólo aproximadamente 60% de su intensidad al pasar por un polarizador ejemplificativa. Las fuentes de láser y de LED pueden producir luz polarizada, de la que un porcentaje significativamente superior puede pasar por el polarizador en el caso de que los ejes ópticos de la fuente de luz y el polarizador se alineen apropiadamente. Además, las fuentes de láser y de LED pueden producir luz en un intervalo estrecho de longitudes de onda que pueden hacerse corresponder con uno o más fotoiniciadores (o viceversa), de manera que puede transmitirse un porcentaje elevado de la energía lumínica entrante para llevar a cabo la polimerización de la mezcla de polímeros. Lo anterior puede servir para minimizar el calentamiento no deseado de la muestra durante la etapa de curado.

El tratamiento de superficie proporciona adhesión entre los sustratos 401 y la red de polímero estabilizador 405 en presencia del cristal líquido 402. La red de polímero estabilizador 405 proporciona adhesión en toda la separación de celdas de cristal líquido y permite que el dispositivo 400 se comporte como un único objeto, y no como dos sustratos con un líquido entre ellos. En algunos casos, la red de polímero estabilizador 405 puede proporcionar además retención para la mezcla de cristal líquido 402.

En una forma de realización ejemplificativa, la mezcla de cristal líquido 402 consiste en 51% 5CB, 45% 7CB y 4% B2, y presenta una temperatura de punto de aclaramiento de aproximadamente 46°C. Los sustratos son películas polarizantes LG Chem y los tratamientos de superficie son revestimientos de 1.4 micras de Sartomer PRO12228 preparados tal como se ha indicado anteriormente y frotados con una barra de frotamiento recubierta con fieltro para producir las capas de alineación. La mezcla de polímero 405 consiste en 98% diacrilato de epoxi bisfenol-A y 2% de fotoiniciador de luz visible H-Nu 470X. La mezcla de polímero 405 se disuelve en la mezcla de LC 402 en un porcentaje en peso de 5% y la mezcla completa se cura totalmente bajo una lámpara de mercurio con una longitud de onda pico de 420 nm durante 30 minutos.

Debe apreciarse que el cristal líquido 402 puede interactuar con una amplia diversidad de polímeros y adhesivos, mediante solvatación o ataque químico de los mismos, o mediante interferencia con los mecanismos de polimerización o adhesión, a temperatura ambiente o bajo los extremos de calor, frío y UV que pueden encontrarse presentes en, por ejemplo, una aplicación de material de construcción tal como una película para ventanas. De esta manera, el tratamiento de superficie transparente 404 y la red de polímero estabilizador 405 pueden seleccionarse de materiales que es conocido que son resistentes a dichas condiciones. Entre dichos materiales se incluyen, aunque sin limitarse a ellos, la gran familia de los acrilatos, incluyendo cianoacrilatos de etilo, cianoacrilatos de metilo, adhesivos tiol-eno, diacrilatos, triacrilatos, metacrilatos, acrilatos de uretano y epóxidos acrilados. Entre las preparaciones comerciales específicas que es conocido que funcionan en el presente contexto (con algunas químicas de LC cianobifenilo y otros cristales líquidos) se incluyen Sartomer SR295, CN135, CN153, SR339, SR340, SR368, CD9038, CN9008, CN991, CN999 y CN120; diacrilato de epoxi bisfenol-A; adhesivos ópticos Norland 65, 68 y 81; Devcon PB3500; Loctite 3942; y Hardcoat-RB de Bekaert Specialty Films. El polímero estabilizador puede estar compuesto adicionalmente de monómeros, oligómeros, reticulantes, moléculas funcionales de doble extremo (por ejemplo, diacrilatos), moléculas funcionales multiextremo (por ejemplo, triacrilatos) o moléculas de cristal líquido de cadena lateral funcionalizada (por ejemplo, Sigma Aldrich 588474, asimismo conocida como $C_{23}H_{25}NO_3$, CAS número 117318-91-9). Sin embargo, debe apreciarse que puede utilizarse una diversidad de otros materiales que sirven a la misma función de separación de fases, curado, adhesión, retención, etc. dentro de la mezcla del LC.

Asimismo puede resultar beneficioso seleccionar el tratamiento de superficie para humectabilidad, es decir, de manera que su energía superficial exceda la tensión superficial del cristal líquido y, de esta manera, permita la humectación de la superficie por el cristal líquido y la fácil alineación de las moléculas de cristal líquido en una configuración paralela a la superficie (es decir, un ángulo de preinclinación), que resulta útil para dispositivos nemáticos y nemáticos trenzados. Alternativamente, una superficie no humectable de baja energía superficial tenderá a alinear las moléculas del cristal líquido en una orientación vertical (perpendicular a la superficie, elevado ángulo de preinclinación), que resulta útil para otros tipos de dispositivos de cristal líquido, incluyendo, aunque sin limitación, dispositivos de huésped-hospedador.

Asimismo resultan posibles numerosas variaciones de las formas de realización divulgadas, mediante eliminación o combinación de determinados componentes. Por ejemplo, el cristal líquido puede revestirse y curarse en un grosor deseado particular sin necesidad de perlas espaciadoras. Por lo tanto, las formulaciones libres de espaciador son puestas en práctica alternativas de dicha tecnología. Alternativa o adicionalmente, en el caso de que se seleccione el sustrato apropiado, resulta posible formular una forma de realización de un dispositivo de LC termocrómico estabilizado por polímero sin un tratamiento de superficie transparente o translúcido (o en el que el tratamiento de superficie y el tratamiento han sido, en efecto, combinados como un único objeto). Asimismo resulta posible revestir el cristal líquido estabilizado por polímero sobre una superficie, curarlo y después "pelarlo" de manera que la estructura de cristal líquido estabilizado por polímero exista independientemente de cualquier sustrato. De esta manera, una formulación ejemplificativa puede consistir únicamente en cristal líquido y un polímero estabilizador, y nada más.

Además, los componentes del dispositivo de LC termocrómico estabilizado por polímero pueden formularse a partir de diferentes materiales o en diferentes formas que las dadas a conocer en la presente memoria, con la condición de que lleven a cabo una función física o química equivalente. Por ejemplo, las perlas espaciadoras podrían sustituirse por barras, alambres, fibras u otros objetos de dimensiones adecuadas. Alternativamente, los polímeros y adhesivos citados como polímeros estabilizadores y/o tratamientos de superficie podrían sustituirse por otros materiales, incluyendo óxidos y nitruros inorgánicos, con la condición de que sirvan a una función química o física equivalente. La matriz estabilizadora puede conformarse a partir de siliconas y no polímeros orgánicos (de base carbono), o puede conformarse incluso a partir de materiales no poliméricos, incluyendo, aunque sin limitación, aerogeles inorgánicos, tales como aerogel de sílice, mediante la formación de dichos materiales en presencia del cristal líquido o mediante absorción del cristal líquido en dicha matriz. Asimismo resulta posible formar la red o matriz estabilizadora con un LC u otro líquido, que a continuación se elimina y sustituye por un segundo LC. En algunos casos, asimismo puede resultar tanto factible como deseable que presente un porcentaje en peso o volumen de polímero estabilizador en el LC superior a 50%.

De esta manera, debería resultar evidente que un dispositivo de cristal líquido de baja temperatura de punto de aclaramiento termotrópico estabilizado por polímero adecuado para la utilización como filtro óptico sensible a la temperatura puede comprender una diversidad de químicas diferentes, aunque funcionalmente equivalentes.

Además, aunque la expresión "cristal líquido" se utiliza a lo largo de la presente memoria debería apreciarse que pueden aplicarse muchos de los mismos principios ópticos a materiales que presentan propiedades sólidas y líquidas claramente definidas pero que no presentan necesariamente un estado intermedio de "cristal líquido" entre el estado isotrópico y el sólido (por ejemplo, cristalino o amorfo). De esta manera, en algunos casos puede sustituirse el cristal líquido por un polímero de bajo punto de fusión o material similar. De manera similar, aunque el término "polímero" se utiliza a lo largo de la presente memoria, debería apreciarse que muchas de las mismas propiedades estabilizadoras pueden observarse en otros materiales, que pueden sustituirse de manera similar.

Finalmente, pueden añadirse varios componentes adicionales para potenciar la durabilidad o utilidad del dispositivo de filtro. Por ejemplo, pueden utilizarse componentes ópticos, tales como revestimientos parcialmente espejados, revestimientos antirreflectantes, reflectores de Bragg, retardantes, filtros de paso de banda y de bloqueo de banda y filtros de paso alto y de paso bajo, bloqueantes de UV y revestimientos de baja emisividad, en el dispositivo de filtro mismo o como parte de una estructura de ventana u otra pila óptica que lo incluya.

La descripción, los ejemplos y datos anteriores proporcionan una descripción de la estructura y utilización de algunas formas de realización ejemplificativas de la tecnología. Aunque se han descrito anteriormente diversas formas de realización con un determinado grado de particularidad, o en referencia a una o más formas de realización individuales, el experto en la materia podría realizar numerosas alteraciones de las formas de realización dadas a conocer sin apartarse del alcance de la invención según se proporciona en las reivindicaciones, a continuación. Por lo tanto, se encuentran contempladas otras formas de realización.

Todas las referencias direccionales, por ejemplo, proximal, distal, superior, inferior, interno, externo, hacia arriba, hacia abajo, izquierda, derecha, lateral, frontal, trasero, superior, inferior, por encima, por debajo, vertical, horizontal, dextrógiro y levógiro, se utilizan únicamente con fines identificativos para ayudar a la comprensión del lector de la presente invención, y no crean limitaciones, en particular respecto a la posición, orientación o utilización de la invención. Las referencias de conexión, por ejemplo, enlazado, acoplado, conectado y unido deben interpretarse ampliamente y pueden incluir elementos intermedios entre una colección de elementos y el movimiento relativo entre los elementos, a menos que se indique lo contrario. De esta manera, las referencias de conexión no implican necesariamente que dos elementos se encuentran conectados directamente y en relación mutua fija. Los porcentajes señalados de transmisión, absorción y reflexión de la luz deben interpretarse como únicamente ilustrativos y no deben interpretarse como limitativos. Los cambios de detalle o estructura pueden realizarse sin apartarse de los elementos básicos de la invención según se define en las reivindicaciones a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de filtro de cristal líquido termotrópico estabilizado por polímero redimensionable (200, 300, 400), para la utilización en materiales de construcción reguladores de luz que incluyen ventanas, siendo el dispositivo redimensionable mediante corte o subdivisión del dispositivo, comprendiendo el dispositivo:
- 5 un sustrato transparente (201, 401);
- 10 un sustrato opuesto transparente (201, 401);
- 15 una mezcla de componentes de cristal líquido nemático trenzado (202, 302, 402) prevista entre el sustrato transparente (201, 401) y el sustrato transparente opuesto (201, 401), revistiendo los componentes (202, 302, 402) el sustrato (201, 401) y presentando un punto de aclaramiento dentro de un intervalo típico de temperaturas atmosféricas entre 10°C y 40°C y un punto de congelación por debajo de una temperatura atmosférica mínima esperada de 40°C negativos;
- 20 unos medios de definición de un grosor del revestimiento de la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402); y
- 25 un polímero estabilizador (205, 305, 405) previsto junto con la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402) sobre el sustrato (201, 401) que se ha curado bajo la influencia de un estímulo externo y que es miscible con y se ha distribuido a lo largo de la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402) en una concentración de 5% o menos con respecto a la mezcla de componentes de cristal líquido para formar una pluralidad de paredes que definen una pluralidad de celdas, encerrando cada pared una parte de la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402) dentro de la celda que es definida por la pared.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, que comprende además uno o más de los siguientes:
- 30 un tratamiento de superficie proporcionado sobre el sustrato (201, 401) que promueve la adhesión de polímero con el sustrato (201, 401) y que es total o parcialmente transparente o translúcido a una o más bandas de longitud de onda; y
- 35 presentando el sustrato opuesto transparente (201, 401) un tratamiento de superficie (404) que promueve la adhesión de polímero con el sustrato opuesto transparente (201, 401) y que es total o parcialmente transparente o translúcido a una o más bandas de longitud de onda.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, en el que los medios de definición de grosor comprenden una pluralidad de espaciadores a microescala distribuidos dentro de la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402); o
- 40 unos salientes en patrón sobre una superficie de uno o ambos sustratos (201, 401).
4. Dispositivo según la reivindicación 3, en el que el sustrato opuesto (201, 401) se sitúa sobre la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402), los espaciadores a microescala y el polímero estabilizador (205, 305, 405) sobre el sustrato (201, 401) y se adhiere al polímero estabilizador (205, 305, 405).
- 45 5. Dispositivo según la reivindicación 2, en el que el tratamiento de superficie incluye una o más de las características siguientes que incluyen:
- 50 el funcionamiento como una capa de alineación para la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402);
- 55 ser una característica integral del sustrato (201, 401); o
- comprender una aplicación de uno o más de los materiales siguientes al sustrato (201, 401): cianoacrilatos de etilo, cianoacrilatos de metilo, adhesivos de tiol-eno, diacrilatos, triacrilatos, metacrilatos, acrilatos de uretano, epoxis acrilados, poliimididas, poliestirenos, polímeros de vinilo, fluoropolímeros, ionenos, polialquenos, nilones y poliésteres.
6. Dispositivo según la reivindicación 2, en el que el polímero estabilizador (205, 305, 405) incluye una o más de las características siguientes que incluyen:
- 60 adherencia al sustrato (201, 401), el tratamiento de superficie o ambos.
7. Dispositivo según la reivindicación 6, en el que la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402) incluye: materiales huésped para crear un dispositivo de huésped-hospedador.
- 65

8. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el sustrato transparente y el sustrato opuesto transparente comprenden unos sustratos polarizantes.

9. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el estímulo externo comprende uno o más de entre luz, calor o radiación ultravioleta.

10. Procedimiento para fabricar un dispositivo de filtro de cristal líquido termotrópico estabilizado por polímero redimensionable para la utilización en materiales de construcción reguladores de la luz, que incluyen ventanas, siendo el dispositivo redimensionable mediante corte o subdivisión del dispositivo, comprendiendo el procedimiento:

proporcionar un sustrato transparente (201, 401);

proporcionar una mezcla de componentes de cristal líquido nemático trenzado (202, 302, 402) que presenta un punto de aclaramiento dentro de un intervalo típico de temperaturas atmosféricas entre 10°C y 40°C y un punto de congelación por debajo de una temperatura atmosférica mínima esperada de 40°C negativos;

distribuir un polímero estabilizador (205, 305, 405) a lo largo de la mezcla de componentes de cristal líquido nemático trenzado (202, 302, 402) en una concentración de 5% o menos con respecto a la mezcla de componentes de cristal líquido nemático trenzado para formar una mezcla estabilizada por polímero miscible;

aplicar la mezcla estabilizada por polímero miscible (205, 305, 405) al sustrato (201, 401);

definir y mantener un grosor de la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402) en el sustrato;

cubrir la mezcla estabilizada por polímero miscible con un sustrato opuesto transparente; y
 curar el polímero estabilizador (205, 305, 405) con un estímulo externo para adherir el polímero estabilizador (205, 305, 405) al sustrato (201, 401) y el sustrato opuesto (201, 401), para formar una pluralidad de paredes que definen una pluralidad de celdas, encerrando cada pared una parte de la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402) dentro de la celda que es definida por la pared.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, que comprende además uno o más de los siguientes:

tratar una superficie del sustrato (201, 401) y el sustrato opuesto (201, 401) con un material total o parcialmente transparente o translúcido que promueve la adhesión de polímero con el sustrato opuesto;

distribuir una pluralidad de espaciadores a microescala dentro de la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402) como parte de las operaciones de definición y mantenimiento;

situar el sustrato opuesto (201, 401) sobre la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402), los espaciadores a microescala y el polímero estabilizador (205, 305, 405) sobre el sustrato (201, 401);

cortar el dispositivo de cristal líquido termotrópico estabilizado por polímero redimensionable, con una fuga despreciable o nula de la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402) de entre el sustrato (201, 401) y el sustrato opuesto (201, 401);

incluir un fotoiniciador o un iniciador térmico en el material de tratamiento de superficie transparente o translúcido;

seleccionar una formulación para la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402) con un índice de refracción que es sustancialmente el mismo que un índice de refracción del polímero estabilizador (205, 305, 405), o viceversa;

seleccionar unos sustratos polarizantes para el sustrato transparente y el sustrato opuesto transparente; o

aplicar el estímulo externo uniformemente a lo largo del dispositivo.

12. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la operación de curado comprende además aplicar el estímulo externo no uniformemente para producir un patrón deliberado del polímero estabilizador (205, 305, 405) a lo largo del dispositivo; y/o

crear una matriz del polímero estabilizador (205, 305, 405) en cuyo interior se retiene la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402).

13. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11, en el que la operación de aplicación comprende además uno o más de los siguientes:

aplicar el polímero estabilizador (205, 305, 405) en un patrón a lo largo del sustrato (201, 401); o

5 aplicar el polímero estabilizador (205, 305, 405) alrededor de un perímetro externo de la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402) y sellar un borde externo entre el sustrato (201, 401) y el sustrato opuesto (201, 401).

10 14. Procedimiento según la reivindicación 10, 11 o 12, en el que la mezcla de componentes de cristal líquido (202, 302, 402) incluye además un material huésped para crear un dispositivo de huésped-hospedador.

15 15. Procedimiento según la reivindicación 10, 11 o 12, en el que la operación de curado comprende uno de los siguientes: solidificar el polímero estabilizador (205, 305, 405), fundir y resolidificar el polímero estabilizador, reticular el polímero estabilizador, calentar el polímero estabilizador, fotoiniciación del polímero estabilizador, exposición a la luz visible del polímero estabilizador, exposición a ultravioleta del polímero estabilizador, tratamiento de haz de electrones del polímero estabilizador, curado de epoxi del polímero estabilizador, aplicación de agua al polímero estabilizador, cambiar la concentración de solvente con respecto al polímero estabilizador o proporcionar un acelerador químico al polímero estabilizador.

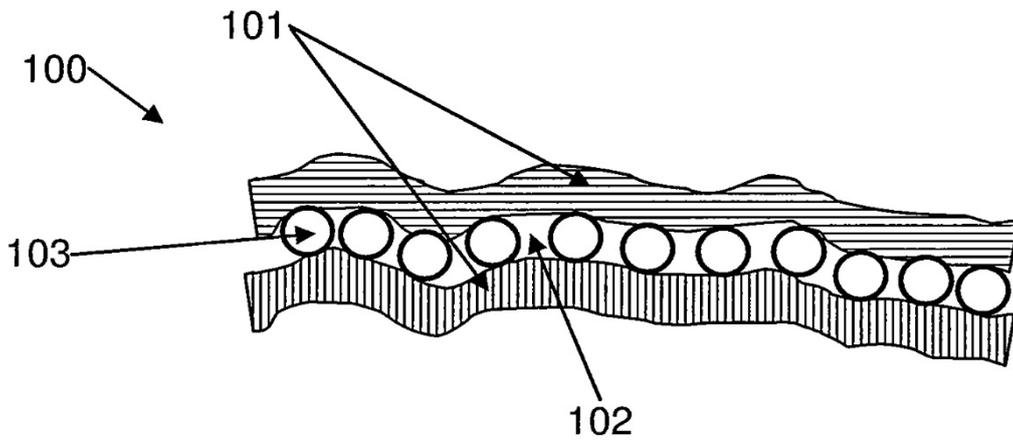


FIG 1
(Técnica anterior)

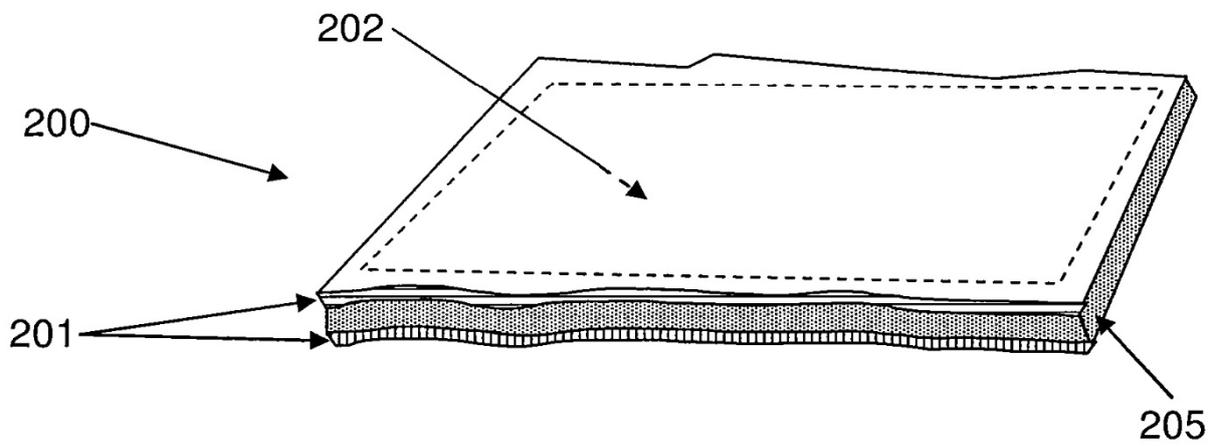


FIG 2

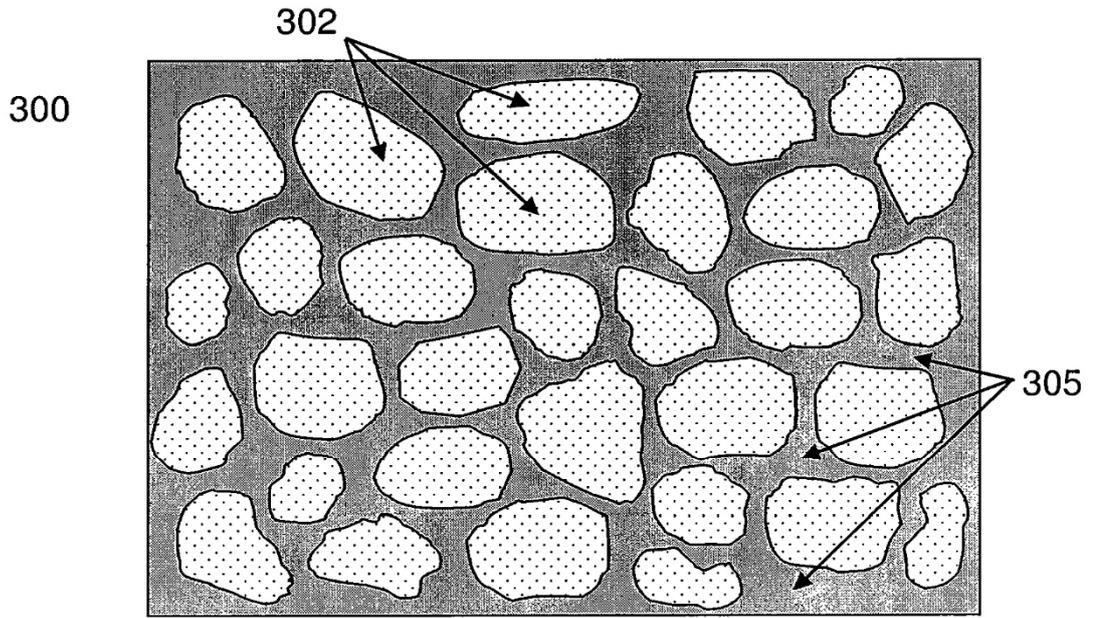


FIG 3

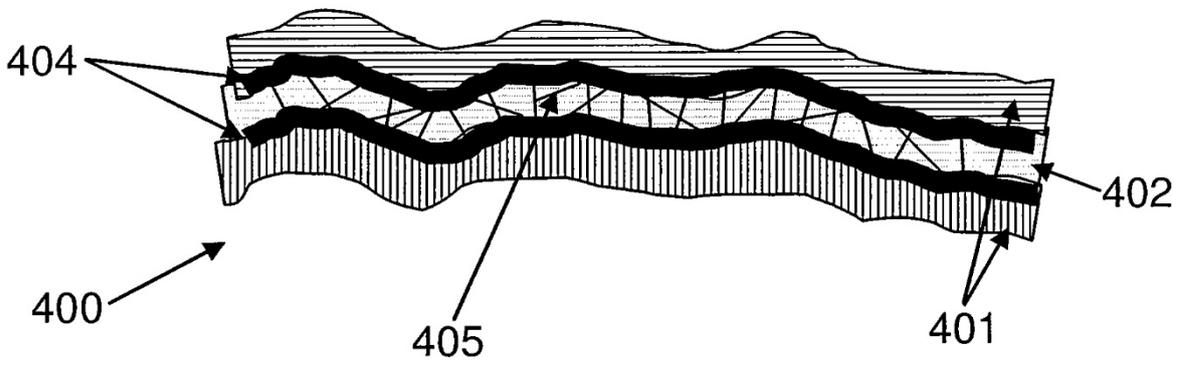


FIG 4