

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 340**

51 Int. Cl.:

G02B 5/30	(2006.01)
G02C 7/10	(2006.01)
G02C 7/12	(2006.01)
B29D 11/00	(2006.01)
C09K 9/02	(2006.01)
G02B 5/23	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.05.2004 PCT/US2004/016545**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.01.2005 WO05006035**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2004 E 04753387 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.04.2018 EP 1642160**

54 Título: **Dispositivos fotocromicos polarizantes y procedimientos de fabricación de los mismos**

30 Prioridad:

01.07.2003 US 484100 P

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

06.06.2018

73 Titular/es:

**TRANSITIONS OPTICAL, INC. (100.0%)
9251 BELCHER ROAD
PINELLAS PARK, FL 33782, US**

72 Inventor/es:

**KUMAR, ANIL;
HE, MENG;
KELLAR, TERRY, A., II;
BLACKBURN, FORREST, R.;
FOLLER, PETER, C. y
SHAO, JIPING**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 671 340 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

Dispositivos fotocromáticos polarizantes y procedimientos de fabricación de los mismos

5 **Antecedentes**

Diversas realizaciones no limitantes divulgadas en el presente documento se refieren, en general, a elementos ópticos y a procedimientos de fabricación de los mismos.

10 Los elementos de polarización lineal convencionales, tales como lentes de polarización lineal para gafas de sol y filtros de polarización lineal, se forman normalmente a partir de láminas de polímero estiradas que contienen un material dicroico, tal como un colorante dicroico. Por consiguiente, los elementos de polarización lineal convencionales son elementos estáticos que tienen un único estado de polarización lineal. Por consiguiente, cuando un elemento de polarización lineal convencional se expone a radiación polarizada aleatoriamente o a radiación reflejada de la longitud de onda apropiada, cierto porcentaje de la radiación transmitida a través del elemento estará polarizada linealmente. Tal como se usa en el presente documento, la expresión "polarizar de forma lineal" significa limitar las vibraciones del vector eléctrico de las ondas de luz hacia una dirección o un plano.

20 Además, los elementos polarizadores lineales convencionales están normalmente teñidos. Es decir, los elementos de polarización lineal convencionales contienen un agente colorante (es decir, el material dicroico) y tienen un espectro de absorción que no varía en respuesta a la radiación actínica. Tal como se usa en el presente documento "radiación actínica" significa radiación electromagnética, tal como, pero sin limitación, radiación visible y ultravioleta que es capaz de provocar una respuesta. El color del elemento de polarización lineal convencional dependerá del agente colorante usado para formar el elemento, y más habitualmente, es un color neutro (por ejemplo, marrón o gris). Por lo tanto, aunque los elementos de polarización lineal convencionales son útiles para reducir el resplandor de la luz reflejada, debido a su tinte, no son muy adecuados para su uso en determinadas condiciones de poca luz. Además, dado que los elementos de polarización lineal convencionales tienen un solo estado de polarización lineal teñido, tienen una capacidad limitada de almacenar o mostrar información.

30 Tal como se ha tratado anteriormente, los elementos de polarización lineal convencionales se forman normalmente usando láminas de películas de polímero estiradas que contienen un material dicroico. Tal como se usa en el presente documento, "dicroico" significa capaz de absorber uno de dos componentes polarizados del plano ortogonal de al menos la radiación transmitida más fuertemente que el otro. Por lo tanto, aunque los materiales dicroicos son capaces de absorber preferiblemente una de las dos componentes polarizadas del plano ortogonal de la radiación transmitida, si las moléculas del material dicroico no están colocadas o dispuestas adecuadamente, no se conseguirá una polarización lineal neta de la radiación transmitida. Es decir, debido al posicionamiento aleatorio de las moléculas del material dicroico, la absorción selectiva por las moléculas individuales se anulará entre sí de modo que no se consiga un efecto de polarización lineal neto o total. Por lo tanto, en general es necesario posicionar o disponer adecuadamente las moléculas del material dicroico por alineación con otro material a fin de lograr una polarización lineal neta.

45 Un procedimiento habitual para alinear las moléculas de un colorante dicroico implica calentar una lámina o capa de alcohol polivinílico ("PVA") para ablandar el PVA y luego estirar la lámina para orientar las cadenas del polímero de PVA. Posteriormente, el colorante dicroico se impregna en la lámina estirada y las moléculas de colorante adoptan la orientación de las cadenas de polímero. Es decir, las moléculas de colorante se alinean de tal forma que el eje largo de la molécula de colorante alineada es generalmente paralelo a las cadenas de polímero orientadas. Como alternativa, el colorante dicroico se puede impregnar primero en la lámina de PVA y, a continuación, la lámina se puede calentar y estirar como se ha descrito anteriormente para orientar las cadenas de polímero de PVA y el colorante asociado. De esta manera, las moléculas del colorante dicroico pueden colocarse o disponerse adecuadamente dentro de las cadenas poliméricas orientadas de la lámina de PVA y se puede conseguir una polarización lineal neta. Es decir, la lámina de PVA se puede hacer para polarizar linealmente la radiación transmitida, o, en otras palabras, se puede formar un filtro de polarización lineal.

55 A diferencia de los elementos dicroicos analizados anteriormente, los elementos fotocromáticos convencionales, tales como las lentes fotocromáticas que se forman utilizando materiales fotocromáticos térmicamente reversibles convencionales son generalmente capaces de convertir de un primer estado, por ejemplo un "estado transparente", a un segundo estado, por ejemplo un "estado coloreado", en respuesta a la radiación actínica, y volver al primer estado en respuesta a la energía térmica. Tal como se usa en el presente documento, el término "fotocromático" significa que tiene un espectro de absorción para al menos la radiación visible que varía en respuesta a, al menos, radiación actínica. Por lo tanto, los elementos fotocromáticos convencionales son generalmente adecuados para su uso tanto en condiciones de poca luz como de luz brillante. Sin embargo, los elementos fotocromáticos convencionales que no incluyen filtros de polarización lineal generalmente no están adaptados para polarizar linealmente la radiación. Es decir, la relación de absorción de los elementos fotocromáticos convencionales, en cualquier estado, es generalmente menor de dos. Como se usa en el presente documento, la expresión "relación de absorción" se refiere a la relación de la absorbancia de radiación polarizada linealmente en un primer plano a la absorbancia de la misma radiación de longitud de onda polarizada linealmente en un plano ortogonal al primer plano, en el que el primer plano

se toma como el plano con la mayor absorbancia. Por lo tanto, los elementos fotocromáticos convencionales no pueden reducir el resplandor de la luz reflejada en la misma medida que los elementos de polarización lineal convencionales. Además, los elementos fotocromáticos convencionales tienen una capacidad limitada para almacenar o mostrar información.

5 Por consiguiente, sería ventajoso proporcionar elementos y dispositivos que estén adaptados para mostrar propiedades tanto linealmente polarizantes como fotocromáticas. Además, sería ventajoso proporcionar elementos y dispositivos que estén adaptados para mostrar propiedades tanto de polarización circular o elíptica como fotocromáticas.

10 El documento WO 89/11674 A desvela un elemento óptico que comprende un recubrimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto dicroico-fotocromático al menos parcialmente alineado, en el que el compuesto dicroico-fotocromático comprende al menos un grupo fotocromático elegido entre piranos, oxazinas y fúlgidos.

15 **Breve resumen de la divulgación**

La invención proporciona un elemento óptico que comprende un revestimiento al menos parcial que tiene un primer estado y un segundo estado conectado a al menos una porción de un sustrato, estando adaptado el revestimiento al menos parcial para pasar del primer estado al segundo estado en respuesta a al menos radiación actínica, para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica, y polarizar linealmente al menos la radiación transmitida en al menos uno del primer estado y el segundo estado, como se define en las reivindicaciones 1 a 16.

20 La invención también proporciona un procedimiento de fabricación de un elemento óptico que comprende forma un revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromático-dicroico alineado parcialmente térmicamente reversible sobre al menos una porción de un sustrato como se ha definido en las reivindicaciones 17 a 39.

Breve descripción de distintas vistas de los dibujos

30 Diversas realizaciones no limitantes de la presente invención se entenderán mejor cuando se lean junto con los dibujos, en los que:

la **figura 1** muestra dos diferencias promedio del espectro de absorción obtenidas para un revestimiento de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento; y
 35 la **figura 2** es una vista esquemática en sección transversal de un conjunto de sobremoldeo de acuerdo con una realización no limitante desvelada en el presente documento.

Descripción detallada de realizaciones

40 Como se usan en la presente memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, los artículos "un," "uno/una", y "el", "la" incluyen referencias en plural, a menos que se limite de forma expresa e inequívoca a una referencia.

Además, para los fines de la presente memoria descriptiva, a menos que se indique otra cosa, debe entenderse que todos los números que expresan cantidades de ingredientes, condiciones de reacción y otras propiedades o
 45 parámetros que se usan en la memoria descriptiva y reivindicaciones están modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Por consiguiente, a menos que se indique otra cosa, debe entenderse que los parámetros numéricos expuestos en la siguiente memoria descriptiva y en las reivindicaciones anexas son aproximaciones. Al final, y no como intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de las reivindicaciones, los parámetros numéricos se deberían leer a la luz del número de cifras significativas dadas y la
 50 aplicación de las técnicas de redondeo habituales.

Además, aunque que los intervalos numéricos y parámetros que exponen el alcance amplio de la invención son aproximaciones, tal como se ha analizado anteriormente, los valores numéricos expuestos en la sección de
 55 Ejemplos se informan con la mayor precisión posible. Debería entenderse, sin embargo, que dichos valores numéricos contienen de forma inherente ciertos errores resultantes del equipo de medición y/o de las técnicas de medición.

A continuación se describirán elementos y dispositivos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes de la presente invención. La invención proporciona un elemento óptico que comprende un revestimiento al menos parcial que tiene un primer estado y un segundo estado conectado a al menos una porción de al menos una superficie de
 60 un sustrato, estando adaptado el revestimiento al menos parcial para pasar del primer estado al segundo estado en respuesta a al menos radiación actínica, para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica, y polarizar linealmente al menos la radiación transmitida en al menos uno del primer estado y el segundo estado. Tal como se usa en el presente documento, el término "energía térmica" significa cualquier forma de calor.

65 Como se usa en el presente documento para modificar el término "estado", los términos "primero" y "segundo" no

pretenden referirse a ningún orden o cronología particular, sino que se refieren a dos condiciones o propiedades diferentes. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el primer estado y el segundo estado del revestimiento pueden diferir con respecto al menos a una propiedad óptica, tal como, pero sin limitación, la absorción o polarización lineal de radiación visible y/o UV. Por lo tanto, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el al menos un revestimiento parcial se puede adaptar de modo que tenga un espectro de absorción diferente en cada uno del primer y segundo estados. Por ejemplo, sin limitarse al presente documento, el revestimiento al menos parcial puede ser transparente en el primer estado y coloreado en el segundo estado. Como alternativa, el revestimiento al menos parcial puede adaptarse para tener un primer color en el primer estado y un segundo color en el segundo estado. Además, tal como se trata más adelante con más detalle, el revestimiento al menos parcial puede adaptarse para que no sea polarizante lineal (o "no polarizante") en el primer estado y polarización lineal en el segundo estado.

Como se usa en el presente documento, el término "óptico" significa que pertenece o está asociado con la luz y/o la visión. Por ejemplo, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el elemento o dispositivo óptico puede seleccionarse entre elementos y dispositivos oftálmicos, elementos y dispositivos de visualización, ventanas, espejos y elementos y dispositivos pasivos de celdas de cristal líquido. Como se usa en el presente documento, el término "oftálmico" significa que pertenece o está asociado con el ojo y la visión. Los ejemplos no limitantes de elementos oftálmicos incluyen lentes correctivas y no correctivas, incluyendo las lentes de visión sencilla o de visión múltiple, que pueden ser lentes de visión múltiple segmentadas o no segmentadas (tales como, pero sin limitación, lentes bifocales, lentes trifocales y lentes progresivas), así como otros elementos usados para corregir, proteger o mejorar (cosméticamente o de otro modo) la visión, incluyendo sin limitación, lentes de contacto, lentes intraoculares, lentes de aumento y lentes o visores protectores. Como se usa en el presente documento el término "visualización" significa la representación visible o legible por máquinas de la información en palabras, números, símbolos, diseños o dibujos. Los ejemplos no limitantes de elementos y dispositivos de visualización incluyen pantallas, monitores y elementos de seguridad, tal como marcas de seguridad. Como se usa en el presente documento, el término "ventana" significa una abertura para permitir la transmisión de radiación a través de la misma. Los ejemplos no limitantes de ventanas incluyen transparencias para automóviles y para aeronaves, filtros, obturadores, e interruptores ópticos. Como se usa en el presente documento, el término "espejo" significa una superficie que refleja de forma especular una gran fracción de luz incidente.

Como se usa en el presente documento, la expresión "célula de cristal líquido" se refiere a una estructura que contiene un material de cristal líquido que puede ordenarse. Las células de cristal líquido activo son células en las que el material de cristal líquido puede conmutarse entre estados ordenados y desordenados o entre dos estados ordenados mediante la aplicación de una fuerza externa, tal como campos eléctricos o magnéticos. Las células de cristal líquido pasivas son células en las que el material de cristal líquido mantiene un estado ordenado. Un ejemplo no limitante de un elemento o dispositivo de célula de cristal líquido activo es una pantalla de cristal líquido.

Tal como se ha tratado anteriormente, la invención proporciona, en parte, un elemento óptico que comprende un revestimiento al menos parcial que tiene un primer estado y un segundo estado conectado a al menos una porción de al menos una superficie de un sustrato. Como se usa en el presente documento el término "revestimiento" significa una película de soporte derivada de una composición fluida, que puede o puede no tener un espesor uniforme y excluye específicamente láminas poliméricas. Como se usa en el presente documento, el término "lámina" se refiere a una película preformada que tiene un espesor generalmente uniforme y es capaz de auto-soportar. Además, Como se usa en el presente documento, el término "conectado a" significa en contacto directo con un objeto o contacto indirecto con un objeto a través de una o más estructuras o materiales diferentes, al menos uno de los cuales está en contacto directo con el objeto. Por lo tanto, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado puede estar en contacto directo con al menos una porción del sustrato o puede estar en contacto indirecto con al menos una porción del sustrato a través de una o más estructuras o materiales. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el revestimiento al menos parcial puede estar en contacto con uno o más revestimientos al menos parciales, láminas de polímero o combinaciones de las mismas, al menos una de las cuales está en contacto directo con al menos una porción del sustrato.

Hablando de manera general, los sustratos que son adecuados para su uso junto con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen, pero sin limitación, sustratos formados a partir de materiales orgánicos, materiales inorgánicos o combinaciones de los mismos (por ejemplo, materiales compuestos). Los ejemplos no limitantes de sustratos que pueden usarse de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento se describen con más detalle a continuación.

Los ejemplos no limitantes específicos de materiales orgánicos que pueden usarse para formar los sustratos desvelados en el presente documento incluyen materiales poliméricos, por ejemplo, homopolímeros y copolímeros, preparados a partir de los monómeros y mezclas de monómeros desvelados en la patente de los Estados Unidos 5.962.617 y en la patente de los Estados Unidos 5.658.501 desde la columna 15, línea 28, a la columna 16, línea 17, cuyas divulgaciones se han incorporado específicamente por referencia en el presente documento. Por ejemplo, dichos materiales poliméricos pueden ser materiales poliméricos termoplásticos o termoestables, pueden ser transparentes u ópticamente transparentes y pueden tener cualquier índice de refracción requerido. Los ejemplos no

limitantes de dichos monómeros y polímeros desvelados incluyen: monómeros de poliol(alilcarbonato), por ejemplo, carbonatos de alil diglicol tales como bis(alil carbonato) de dietilenglicol, cuyo monómero se comercializa con el nombre comercial CR-39 de PPG Industries, Inc.; polímeros de poliurea-poliuretano (poliurea-uretano), que se preparan, por ejemplo, por la reacción de un prepolímero de poliuretano y un agente de curación de diamina, una composición para dicho polímero se comercializa con la marca comercial TRIVEX de PPG Industries, Inc.; monómero de carbonato terminado con poliol(met)acrilóilo; monómeros de dimetacrilato de dietilenglicol; monómeros de metacrilato de fenol etoxilado; monómeros de diisopropenil benceno; monómeros de triacrilato de propano trimetilol etoxilado; monómeros de bismetacrilato de etilenglicol; monómeros de bismetacrilato de poli(etilenglicol); monómeros de acrilato de uretano; poli(dimetilacrilato de bisfenol A etoxilado); poli(acetato de vinilo); poli(alcohol de vinilo); poli(cloruro de vinilo); poli(cloruro de vinilideno); polietileno; polipropileno; poliuretanos; poliuretanos; policarbonatos termoplásticos, tales como resina unida a carbonato derivada de bisfenol A y fosgeno, comercializándose uno de dichos materiales con el nombre comercial LEXAN; poliésteres, tales como el material comercializado con el nombre comercial MYLAR; tereftalato de poli(etileno); polivinil butiral; metacrilato de poli(metilo), tal como el material comercializado con el nombre comercial PLEXIGLAS y los polímeros preparados por reacción de isocianatos polifuncionales con politioles o monómeros de poliepisulfuro, ya sea homopolimerizados o co y/o terpolimerizados con politioles, poliisocianatos, poliisotiocianatos y monómeros opcionalmente etilénicamente insaturados o monómeros de vinilo que contienen halogenados aromáticos. También se contemplan copolímeros de dichos monómeros y mezclas de los polímeros y copolímeros descritos con otros polímeros, por ejemplo, para formar copolímeros en bloque o productos de red interpenetrantes.

Aunque sin limitarse al presente documento, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el sustrato puede ser un sustrato oftálmico. Como se usa en el presente documento, la expresión "sustrato oftálmico" se refiere a lentes, lentes parcialmente formadas y preformas de lentes. Ejemplos no limitantes de materiales orgánicos adecuados para su uso en la formación de sustratos oftálmicos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen, pero sin limitación, los polímeros reconocidos en la técnica que son útiles como sustratos oftálmicos, por ejemplo, resinas ópticas orgánicas que se utilizan para preparar moldes ópticamente transparentes para aplicaciones ópticas, tales como lentes oftálmicas.

Otros ejemplos no limitantes de materiales orgánicos adecuados para su uso en la formación de sustratos oftálmicos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen materiales orgánicos tanto sintéticos como naturales, incluyendo, sin limitaciones: materiales poliméricos opacos o translúcidos, textiles naturales y sintéticos y materiales celulósicos., tales como, papel y madera.

Ejemplos no limitantes de materiales inorgánicos adecuados para su uso en la formación de sustratos oftálmicos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen vidrios, minerales, cerámicas y metales. Por ejemplo, en una realización no limitante, el sustrato puede comprender vidrio. En otras realizaciones no limitantes, el sustrato puede tener una superficie reflectante, por ejemplo, un sustrato cerámico pulido, sustrato metálico o sustrato mineral. En otras realizaciones no limitantes, un revestimiento o capa reflectante puede depositarse o aplicarse de otro modo a una superficie de un sustrato inorgánico u orgánico para hacerlo reflexivo o para mejorar su reflectividad.

Además, de acuerdo con determinadas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, los sustratos pueden tener un revestimiento protector, tal como, pero sin limitación, un revestimiento resistente a la abrasión, tal como un "recubrimiento duro", en sus superficies exteriores. Por ejemplo, los sustratos de lentes oftálmicas de policarbonato termoplástico disponibles en el mercado a menudo se venden con un revestimiento resistente a la abrasión ya aplicado a sus superficies exteriores debido a que estas superficies tienden a rayarse, desgastarse o rasparse fácilmente. Un ejemplo de tal sustrato de lente es la lente de policarbonato GENTEX™ (disponible en Gentex Optics). Por lo tanto, como se usa en el presente documento, el término "sustrato" incluye un sustrato que tiene un revestimiento protector, tal como, pero sin limitaciones, un revestimiento resistente a la abrasión, en su superficie o superficies.

Aún más, los sustratos de acuerdo con distinta realización no limitantes desveladas en el presente documento pueden ser sustratos sin teñir, teñidos, linealmente polarizantes, circularmente polarizantes, elípticamente polarizantes, fotocromicos o fotocromicos teñidos. Como se usa en el presente documento en referencia a los sustratos el término "no teñido" significa sustratos que están esencialmente libres de adiciones de agentes colorantes (tales como, pero sin limitación, colorantes convencionales) y que tienen un espectro de absorción para radiación visible que no varía significativamente en respuesta a radiación actínica. Además, en referencia a los sustratos, el término "teñido" significa sustratos que tienen un agente colorante añadido (tal como, pero sin limitación, colorantes convencionales) y un espectro de absorción para radiación visible que no varía significativamente en respuesta a radiación actínica.

Como se usa en el presente documento, la expresión "polarización lineal", en referencia a sustratos, se refiere a sustratos que están adaptados para polarizar linealmente la radiación. Como se usa en el presente documento la expresión "polarización circular" en referencia a los sustratos se refiere a sustratos que están adaptados para polarizar circularmente la radiación. Como se usa en el presente documento, la expresión "polarización elíptica" en referencia a sustratos se refiere a sustratos que están adaptados para polarizar elípticamente la radiación. Tal como

se usa en el presente documento, con el término "fotocrómico", en referencia a sustratos, se refiere a sustratos que tienen un espectro de absorción para radiación visible que varía en respuesta a al menos radiación actínica. Además, como se usa en el presente documento en referencia a sustratos, la expresión "fotocrómicamente teñido" significa sustratos que contienen un agente colorante añadido así como un material fotocrómico y que tienen un espectro de absorción para radiación visible que varía en respuesta a al menos la radiación actínica. Por lo tanto, por ejemplo y sin limitación, el sustrato fotocrómico teñido puede tener un primer color característico del agente colorante y un segundo color característico de la combinación del agente colorante y el material fotocrómico cuando se expone a radiación actínica.

Como se ha tratado anteriormente, los elementos de polarización lineal convencionales se forman normalmente usando láminas de polímero estiradas que contienen un colorante dicroico. Sin embargo, estos elementos de polarización lineal convencionales generalmente tienen un único estado de polarización lineal teñido. Como se ha tratado anteriormente, la expresión "polarizar de forma lineal" significa limitar las vibraciones del vector eléctrico de las ondas de luz hacia una dirección. Además, como se ha tratado anteriormente, los elementos fotocrómicos convencionales se forman a partir de compuestos fotocrómicos convencionales y tienen al menos dos estados, por ejemplo, un estado transparente y un estado coloreado. Como se ha tratado anteriormente, el término "fotocrómico" significa que tiene un espectro de absorción para al menos la radiación visible que varía en respuesta a, al menos, radiación actínica. Sin embargo, los elementos fotocrómicos convencionales generalmente no están adaptados a la radiación de polarización lineal.

Tal como se ha tratado anteriormente, los elementos ópticos develados en el presente documento comprenden un revestimiento al menos parcial que tiene un primer estado y un segundo estado que está adaptado para cambiar del primer estado al segundo estado en respuesta a la radiación actínica, para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica, y ser polarizado linealmente en al menos uno del primer estado y el segundo estado. Es decir, Es decir, los elementos ópticos develados en el presente documento son elementos fotocrómicos-dicroicos. Tal como se usa en el presente documento, el término "fotocrómico-dicroico" significa que presenta (es decir,) propiedades tanto fotocrómicas como dicroicas en determinadas condiciones, cuyas propiedades son detectables al menos mediante instrumentación. Además, tal como se trata más adelante con más detalle, los elementos ópticos develados en el presente documento se forman usando al menos un compuesto fotocrómico-dicroico que está al menos parcialmente alineado.

Tal como se ha mencionado anteriormente, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes develadas en el presente documento, el revestimiento al menos parcial puede adaptarse para que sea no polarizante en el primer estado (es decir, el revestimiento no limitará las vibraciones del vector eléctrico de ondas de luz a una dirección) y para polarizar linealmente al menos la radiación transmitida en el segundo estado. Tal como se usa en el presente documento, la expresión "radiación transmitida" se refiere a la radiación que se hace pasar a través de al menos una porción de un objeto. Aunque sin limitarse al presente documento, la radiación transmitida puede ser radiación ultravioleta, radiación visible o una combinación de las mismas. Por lo tanto, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes develadas en el presente documento, el revestimiento al menos parcial puede adaptarse para que sea no polarizante en el primer estado y para que polarice linealmente la radiación ultravioleta transmitida, la radiación visible transmitida o una combinación de los mismos en el segundo estado.

De acuerdo con otras realizaciones no limitantes más, el revestimiento al menos parcial que tiene un primer estado y un segundo estado se puede adaptar para tener un primer espectro de absorción en el primer estado, un segundo espectro de absorción en el segundo estado, y para que se polarice linealmente tanto en el primero como en el segundo estado.

De acuerdo con una realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado puede tener una relación de absorción promedio de al menos 1,5 en al menos un estado. De acuerdo con otra realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que tiene una relación de absorción promedio de al menos 1,5 a 50 (o más) en al menos un estado. Como se ha tratado anteriormente, la expresión "relación de absorción" se refiere a la relación entre la absorbancia de la radiación linealmente polarizada en un primer plano y la absorbancia de la radiación linealmente polarizada en un plano ortogonal del primer plano, en el que el primer plano se toma como el plano con la mayor absorbancia. Por lo tanto, la relación de absorción (y la relación de absorción promedio que se describe a continuación) es una indicación de la fuerza con la que uno de dos componentes de radiación polarizada en el plano ortogonal es absorbido por un objeto o material.

La relación de absorción promedio de un revestimiento o elemento que comprende un compuesto fotocrómico-dicroico se puede determinar como se expone a continuación. Por ejemplo, para determinar la relación de absorción promedio de un revestimiento que comprende un compuesto fotocrómico-dicroico, se coloca un sustrato que tiene un revestimiento sobre un banco óptico y el revestimiento se coloca en un estado de polarización lineal mediante activación del compuesto fotocrómico-dicroico. La activación se logra exponiendo el revestimiento a radiación UV durante un tiempo suficiente para alcanzar un estado saturado o casi saturado (es decir, un estado en el que las propiedades de absorción del compuesto fotocrómico-dicroico no cambian sustancialmente en el intervalo de tiempo durante el que se hacen las mediciones. Las mediciones de absorción se toman durante un periodo de tiempo (normalmente de 10 a 300 segundos) a intervalos de 3 segundos para luz que está linealmente polarizada en un

plano perpendicular al banco óptico (denominado el plano o dirección de polarización a 0°) y luz que está linealmente polarizada en un plano que es paralelo al banco óptico (denominado el plano o dirección de polarización a 90°) en la siguiente secuencia: 0°, 90°, 90°, 0°, etc. La absorbancia de la luz linealmente polarizada por el revestimiento se mide en cada intervalo de tiempo para todas las longitudes de onda probadas y se resta la absorbancia sin activar (es decir, la absorbancia del revestimiento en un estado inactivado) durante el mismo intervalo de longitudes de onda para obtener espectros de absorción para el revestimiento en un estado activado en cada uno de los planos de polarización a 0° y 90° para obtener un espectro de absorción de diferencias promedio en cada plano de polarización para el revestimiento en el estado saturado o casi saturado.

Por ejemplo, con referencia a la Figura 1, se muestra la diferencia promedio del espectro de absorción (indicada generalmente con **10**) en un plano de polarización que se obtuvo para un revestimiento de acuerdo con una realización no limitante desvelada en el presente documento. El espectro de absorción promedio (indicado generalmente con **11**) es la diferencia promedio del espectro de absorción obtenido para el mismo revestimiento en el plano de polarización ortogonal.

Basándose en la diferencia promedio de los espectros de absorción obtenida para el revestimiento, la relación de absorción promedio para el revestimiento se obtiene como sigue. La relación de absorción del revestimiento en cada longitud de onda en un intervalo predeterminado de longitudes de onda correspondiente a $\lambda_{\text{máx-vis}} \pm 5$ nanómetros (indicada generalmente con **14** en la Fig. 1), en donde $\lambda_{\text{máx-vis}}$ es la longitud de onda a la que el revestimiento tiene la mayor absorbancia promedio en cualquier plano, se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$AR_{\lambda_i} = Ab_{\lambda_i}^1 / Ab_{\lambda_i}^2 \quad \text{Ec. 1}$$

en la que, AR_{λ_i} es la relación de absorción en la longitud de onda λ_i , $Ab_{\lambda_i}^1$ es la absorción promedio a la longitud de onda λ_i en la dirección de polarización (es decir, 0° o 90°) que tiene la mayor absorbancia, y $Ab_{\lambda_i}^2$ es la absorción promedio a la longitud de onda λ_i en la dirección de polarización restante. Como se ha tratado anteriormente, la "relación de absorción" se refiere a la relación de la absorbancia de radiación polarizada de forma lineal en un primer plano con la absorbancia de la misma longitud de onda de radiación polarizada de forma lineal en un plano ortogonal al primer plano, en el que el primer plano se toma como el plano con la mayor absorbancia.

La relación de absorción promedio ("RA") para el revestimiento se calcula promediando las relaciones de absorción individuales obtenidas dentro del intervalo predeterminado de longitudes de onda (es decir, $\lambda_{\text{máx-vis}} \pm 5$ nanómetros) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$AR = (\sum AR_{\lambda_i}) / n_i \quad \text{Ec. 2}$$

en la que, RA es la relación de absorción promedio para el revestimiento, AR_{λ_i} son las relaciones de absorción individuales (como se ha determinado anteriormente en la Ec. 1) para cada longitud de onda dentro del intervalo predeterminado de longitudes de onda y n_i es el número de relaciones de absorción individuales promediadas. Una descripción más detallada de este procedimiento para determinar la relación de absorción promedio se da en los ejemplos.

Tal como se ha mencionado anteriormente, el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado comprende al menos un compuesto fotocromático-dicroico que está alineado al menos parcialmente. Como se ha tratado anteriormente, el término "fotocromático-dicroico" significa que presenta propiedades tanto fotocromáticas como dicroicas (es decir, es polarizante linealmente) en determinadas condiciones, cuyas propiedades son detectables al menos mediante instrumentación. Por consiguiente, los "compuestos fotocromáticos-dicroicos" son compuestos que presentan propiedades tanto fotocromáticas como dicroicas (es decir, son polarizantes linealmente) en determinadas condiciones, cuyas propiedades son detectables al menos mediante instrumentación. Por lo tanto, los compuestos fotocromáticos-dicroicos tienen un espectro de absorción para al menos la radiación visible cuya respuesta, al menos a la radiación actínica, varía y son capaces de absorber uno de dos componentes polarizados en el plano ortogonal de al menos la radiación transmitida con más fuerza que el otro. Adicionalmente, como con los compuestos fotocromáticos convencionales tratados anteriormente, los compuestos fotocromáticos-dicroicos desvelados en el presente documento son térmicamente reversibles. Es decir, los compuestos fotocromáticos-dicroicos cambian de un primer estado a un segundo estado en respuesta a radiación actínica y pasan al primer estado en respuesta a energía térmica. Como se usa en el presente documento, el término "compuesto" significa una sustancia formada por la unión de dos o más elementos, componentes, ingredientes o partes, e incluye, sin limitación, moléculas y macromoléculas (por ejemplo polímeros u oligómeros) formadas por la unión de dos o más elementos, componentes, ingredientes o partes.

Por ejemplo, el al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede tener un primer estado que tiene un primer espectro de absorción, un segundo estado que tiene un segundo espectro de absorción que es diferente del primer espectro de absorción, y puede adaptarse para cambiar del primer estado al segundo estado en respuesta a al menos radiación actínica y para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica. Además, el compuesto fotocromático-dicroico es dicroico (es decir, polariza linealmente) en uno o ambos del primer estado y el segundo

estado. Por ejemplo, el compuesto fotocromico-dicroico puede polarizar linealmente la radiación visible tanto en el estado activado como en el estado blanqueado o desvaído (es decir, no activado). Tal como se usa en el presente documento, la expresión "estado activado" se refiere al compuesto fotocromico-dicroico cuando se ha expuesto a suficiente radiación actínica para provocar que la al menos una porción del compuesto fotocromico-dicroico cambie de un primer estado a un segundo estado. Además, el compuesto fotocromico-dicroico puede ser dicroico tanto en el primero como en el segundo estado. Aunque sin limitarse al presente documento, por ejemplo, el compuesto fotocromico-dicroico puede polarizar linealmente la radiación visible tanto en el estado activado como en el estado blanqueado. Además, el compuesto fotocromico-dicroico puede polarizar linealmente la radiación visible en un estado activado, y puede polarizar linealmente la radiación UV en el estado blanqueado.

Aunque no es necesario, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico puede tener una relación de absorción promedio mayor de 1,5 en un estado activado según se determina de acuerdo con el PROCEDIMIENTO DE CELDA. De acuerdo con otras realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico puede tener una relación de absorción promedio mayor de 2,3 en un estado activado según se determina de acuerdo con el PROCEDIMIENTO DE CELDA. De acuerdo con otras realizaciones no limitantes más, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico alineado al menos parcialmente puede tener una relación de absorción promedio variable entre 1,5 y 50 en un estado activado, según se determina de acuerdo con el PROCEDIMIENTO DE CELDA. De acuerdo con otras realizaciones no limitantes, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico alineado al menos parcialmente puede tener una relación de absorción promedio variable entre 4 y 20, puede tener además una relación de absorción promedio variable entre 3 y 30 y todavía más puede tener una relación de absorción promedio variable entre 2,5 y 50 en un estado activado, según se determina de acuerdo con el PROCEDIMIENTO DE CELDA. Sin embargo, hablando de manera general, la relación de absorción promedio del al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado puede ser cualquier relación de absorción promedio que sea suficiente para impartir las propiedades deseadas al dispositivo o elemento. Los ejemplos no limitantes de compuestos fotocromicos-dicroicos adecuados se describen con detalle a continuación.

El PROCEDIMIENTO DE LA CELDA para determinar la relación de absorción promedio del compuesto fotocromico-dicroico es esencialmente el mismo que el procedimiento usado para determinar la relación de absorción promedio del revestimiento al menos parcial (descrito anteriormente y en los Ejemplos), salvo que, en lugar de medir se prueba la absorbancia de un sustrato revestido, se analiza un conjunto de celdas que contiene un material de cristal líquido alineado y el compuesto fotocromico-dicroico. Más específicamente, el conjunto de celdas comprende dos sustratos de vidrio opuestos que están separados 20 μm (micrómetros) \pm 1 μm (micrómetro). Los sustratos se sellan a lo largo de dos bordes opuestos para formar una celda. La superficie interior de cada uno de los sustratos de vidrio se recubre con un revestimiento de poliimida, cuya superficie se ha ordenado al menos parcialmente por frotamiento. El alineamiento del compuesto fotocromico-dicroico se logra introduciendo el compuesto fotocromico-dicroico y el medio de cristal líquido en el ensamblaje de celda y permitiendo que el medio de cristal líquido se alinee con la superficie de poliimida frotada. Una vez se han alineado el medio de cristal líquido y el compuesto fotocromico-dicroico, el conjunto de celda se coloca en un banco óptico (que se describe con detalle en los Ejemplos) y la relación de absorción promedio se determina de la manera descrita previamente para los sustratos revestidos, excepto que la absorbancia no activada del conjunto de celdas se resta de la absorbancia activada para obtener los espectros de absorción de diferencia promedio.

Como se ha tratado anteriormente, aunque los compuestos dicroicos son capaces de absorber preferentemente uno de los dos componentes ortogonales de la luz polarizada en el plano, en general es necesario posicionar o disponer adecuadamente las moléculas de un compuesto dicroico a fin de lograr un efecto de polarización lineal. Similarmente, en general es necesario posicionar o disponer adecuadamente las moléculas de un compuesto fotocromico-dicroico a fin de lograr un efecto de polarización lineal. Es decir, generalmente es necesario alinear las moléculas del compuesto fotocromico-dicroico de manera que el eje largo de las moléculas del compuesto fotocromico-dicroico en un estado activado esté generalmente paralelo entre sí. Por lo tanto, tal como se ha tratado anteriormente, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico está alineado al menos parcialmente. Además, si el estado activado del compuesto fotocromico-dicroico corresponde a un estado dicroico del material, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico se puede alinear al menos parcialmente de manera que el eje largo de las moléculas del compuesto fotocromico-dicroico en el estado activado esté alineado. Como se usa en el presente documento, el término "alinear" significa poner en disposición o posición adecuada mediante interacción con otro material, compuesto o estructura.

Además, aunque de manera no limitante en el presente documento, el revestimiento al menos parcial puede comprender una pluralidad de compuestos fotocromicos-dicroicos. Aunque sin limitarse al presente documento, cuando dos o más compuestos fotocromicos-dicroicos se usan en combinación, los compuestos fotocromicos-dicroicos se pueden elegir de modo que se complementen entre sí para producir un color o tono deseado. Por ejemplo, se pueden usar mezclas de compuestos fotocromicos-dicroicos de acuerdo con ciertas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento para obtener ciertos colores activados, tales como un color gris casi neutro o marrón casi neutro. Véase, por ejemplo, la patente de Estados Unidos 5.645.767, de la columna 12, línea 66, a la columna 13, línea 19, cuya divulgación se incorpora específicamente en el presente documento por referencia, que describe los parámetros que definen colores grises y marrones neutros. Adicionalmente o como

alternativa, el revestimiento al menos parcial puede comprender mezclas de compuestos fotocromicos-dicroicos que tienen estados de polarización lineal complementarios. Por ejemplo, los compuestos fotocromicos-dicroicos se pueden elegir de modo que tengan estados de polarización lineal complementarios en un intervalo deseado de longitudes de onda para producir un elemento óptico que sea capaz de polarizar la luz en el intervalo deseado de longitudes de onda. Aún más, pueden elegirse mezclas de compuestos fotocromicos-dicroicos complementarios que tienen esencialmente los mismos estados de polarización a las mismas longitudes de onda para reforzar o mejorar la polarización lineal global conseguida. Por ejemplo, de acuerdo con una realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado puede comprender al menos dos compuestos fotocromicos-dicroicos alineados al menos parcialmente, en el que los al menos dos compuestos fotocromicos-dicroicos alineados al menos parcialmente tienen al menos uno de: colores complementarios y estados de polarización lineal complementarios.

Como se ha tratado anteriormente, la invención desvelada en el presente documento proporciona un elemento óptico que comprende un revestimiento al menos parcial conectado a al menos una porción de un sustrato, en el que el revestimiento al menos parcial está adaptado para pasar del primer estado al segundo estado en respuesta al menos a radiación actínica, para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica, y polarizar linealmente al menos la radiación transmitida en al menos uno del primer estado y el segundo estado. Además, el revestimiento al menos parcial comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico que está al menos parcialmente alineado.

Adicionalmente, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado puede comprender al menos un aditivo que puede facilitar uno o más del procesamiento, las propiedades o el funcionamiento del revestimiento al menos parcial. Los ejemplos no limitantes de dichos aditivos incluyen colorantes, promotores del alineamiento, aditivos potenciadores de la cinética, fotoiniciadores, iniciadores térmicos, inhibidores de la polimerización, disolventes, estabilizantes de la luz (tales como, pero sin limitación, absorbentes de la luz ultravioleta y estabilizadores de la luz, tales como estabilizantes de luz de amina impedida (HALS)), estabilizantes térmicos, agentes de desmoldeo, agentes de control de la reología, agentes de nivelación (tales como, pero sin limitaciones, tensioactivos), secuestrantes de radicales libres y promotores de la adhesión (tales como, diacrilato de hexanodiol y agentes de acoplamiento).

Los ejemplos no limitantes de colorantes que pueden estar presentes en el revestimiento al menos parcial de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen colorantes orgánicos que son capaces de impartir un color u otra propiedad óptica deseados al revestimiento al menos parcial.

Tal como se usa en el presente documento, la expresión "promotor de alineación" significa un aditivo que puede facilitar al menos uno de la velocidad y uniformidad del alineamiento de un material al que se añade. Los ejemplos no limitantes de promotores del alineamiento que pueden estar presentes en los revestimientos al menos parciales de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen los descritos en la patente de Estados Unidos 6.338.808 y la publicación de la patente de Estados Unidos n.º 2002/0039627, que se incorporan en el presente documento específicamente por referencia.

Los ejemplos no limitantes de aditivos potenciadores de la cinética que pueden estar presentes en el revestimiento al menos parcial de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen compuestos que contienen epoxi, polioles orgánicos y/o plastificantes. Ejemplos más específicos de dichos aditivos potenciadores de la cinética se desvelan en la patente de Estados Unidos 6.433.043 y la publicación de la patente de Estados Unidos N.º 2003/0045612, que se incorporan en el presente documento específicamente por referencia.

Los ejemplos no limitantes de fotoiniciadores de la cinética que pueden estar presentes en el revestimiento al menos parcial de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen fotoiniciadores de tipo escisión y fotoiniciadores de tipo abstracción. Los ejemplos no limitantes de fotoiniciadores de tipo escisión incluyen acetofenonas, α -aminoalquilfenonas, éteres de benzoína, benzoiloximas, óxidos de acilfosfina y óxidos de bisacilfosfina o mezclas de tales iniciadores. Un ejemplo comercial de un fotoiniciador de este tipo es DAROCURE® 4265, que está disponible en Ciba Chemicals, Inc. Ejemplos no limitantes de fotoiniciadores de tipo abstracción incluyen benzofenona, cetona de Michler, tioxantona, antraquinona, alcanforquinona, fluorona, cetocumarina o mezclas de tales iniciadores.

Otro ejemplo no limitante de un fotoiniciador que puede estar presente en el revestimiento al menos parcial de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes descritas en el presente documento es un fotoiniciador de luz visible. Ejemplos no limitantes de fotoiniciadores adecuados de luz visible se exponen en la columna 12, línea 11, a la columna 13, línea 21 de la patente de Estados Unidos 6.602.603, que se incorpora específicamente por referencia en el presente documento.

Los ejemplos no limitantes de iniciadores térmicos incluyen compuestos peroxi orgánicos y compuestos de azobis (organonitrilo). Los ejemplos específicos no limitantes de compuestos peroxi orgánicos que son útiles como iniciadores térmicos incluyen ésteres de peroximonocarbonato, tales como carbonato de butilperoxi terciario-isopropilo; ésteres de peroxidicarbonato, tales como peroxidicarbonato de di(2-etilhexilo), peroxidicarbonato de di

(butilo secundario) y peroxidicarbonato de diisopropilo; diacidepóxidos, tales como peróxido de 2,4-diclorobenzoilo, peróxido de isobutirilo, peróxido de decanoilo, peróxido de lauroilo, peróxido de propionilo, peróxido de acetilo, peróxido de benzoilo y peróxido de p-clorobenzoilo; peroxiésteres tales como t-butilperoxipivalato, t-butilperoxioctilato y t-butilperoxiisobutirato; peróxido de metiletilcetona y peróxido de acetilciclohexano sulfonilo. En una realización no limitante, los iniciadores térmicos utilizados son aquellos que no decoloran el polimerizado resultante. Ejemplos no limitantes de compuestos de azobis (organonitrilo) que pueden usarse como iniciadores térmicos incluyen azobis(isobutironitrilo), azobis(2,4-dimetilvaleronitrilo) o una mezcla de los mismos.

Los ejemplos no limitantes de inhibidores de la polimerización incluyen: nitrobenzeno, 1,3,5-trinitrobenzeno, p-benzoquinona, cloranilo, DPPH, FeCl₃, CuCl₂, oxígeno, azufre, anilina, fenol, p-dihidroxibenceno, 1,2,3-trihidroxibenceno y 2,4,6-trimetilfenol.

Los ejemplos no limitantes de disolventes que pueden estar presentes en el revestimiento al menos parcial de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen aquellos que disolverán los componentes sólidos del revestimiento, que son compatibles con el revestimiento y los elementos y sustratos, y/o puede garantizar una cobertura uniforme de la superficie o superficies exteriores a las que se aplica el revestimiento. Los disolventes potenciales incluyen, pero sin limitación, los siguientes: acetato de monometiléterpropilenglicol y sus derivados (comercializados como disolventes industriales DOWANOL®), acetona, propionato de amilo, anisol, benceno, acetato de butilo, ciclohexano, éteres dialquílicos de etilenglicol, por ejemplo, éter dimetílico de dietilenglicol y sus derivados (comercializados como disolventes industriales CELLOSOLVE®), dibenzoato de dietilenglicol, dimetilsulfóxido, dimetilformamida, dimetoxibenceno, acetato de etilo, alcohol isopropílico, metilciclohexanona, ciclopentanona, metiletilcetona, metilisobutilcetona, propionato de metilo, carbonato de propileno, tetrahidrofurano, tolueno, xileno, éter de 2-metoxietilo, éter metílico de 3-propilenglicol y mezclas de los mismos.

En otra realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado puede comprender al menos un compuesto dicroico convencional. Ejemplos no limitantes de compuestos dicroicos convencionales adecuados incluyen azometinas, indigoides, tioindigoides, merocianinas, indanos, colorantes quinoftalónicos, perilenos, ftaloperinas, trifenodioxazinas, indoloquinoxalinas, imidazo-triazinas, tetrazinas, colorantes azo y (poli)azo, benzoquinonas, naftoquinonas, antroquinonas y (poli)antroquinonas, antropirimidinonas, yodo y yodatos. En otra realización no limitante, el material dicroico puede ser un compuesto dicroico polimerizable. Es decir, de acuerdo con esta realización no limitante, el material dicroico puede comprender al menos un grupo que es capaz de polimerizarse (es decir, un "grupo polimerizable"). Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, en una realización no limitante, el al menos un compuesto dicroico puede tener al menos un sustituyente alcoxi, polialcoxi, alquilo o polialquilo terminado con al menos un grupo polimerizable.

Aún más, el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado adaptados puede comprender al menos un compuesto fotocromático convencional. Tal como se usa en el presente documento, la expresión "compuesto fotocromático convencional" incluye compuestos fotocromáticos tanto térmicamente reversibles como no térmicamente reversibles (o fotorreversibles). En general, aunque de manera no limitante en el presente documento, cuando dos o más materiales fotocromáticos convencionales se usan combinados entre sí o con un compuesto fotocromático-dicroico, los diversos materiales se pueden elegir de modo que se complementen entre sí para producir un color o tono deseado. Por ejemplo, se pueden usar mezclas de compuestos fotocromáticos de acuerdo con ciertas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento para obtener ciertos colores activados, tales como un color gris casi neutro o marrón casi neutro. Véase, por ejemplo, la patente de Estados Unidos 5.645.767, de la columna 12, línea 66, a la columna 13, línea 19, cuya divulgación se incorpora específicamente en el presente documento por referencia, que describe los parámetros que definen colores grises y marrones neutros.

Los elementos ópticos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento pueden comprender además al menos un revestimiento adicional al menos parcial que puede facilitar la unión, adherencia o humectación de cualquiera de los diversos revestimientos conectados al sustrato del elemento óptico. Por ejemplo, de acuerdo con una realización no limitante, el elemento óptico puede comprender un revestimiento de imprimación al menos parcial entre el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado y una porción del sustrato. Además, en algunas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el revestimiento de imprimación puede servir como un revestimiento de barrera para prevenir la interacción de los ingredientes del revestimiento con la superficie del elemento o sustrato y viceversa.

Los ejemplos no limitantes de revestimientos de imprimación que se pueden usar junto con diversas realizaciones no limitantes divulgadas en el presente documento incluyen revestimientos que comprenden agentes de acoplamiento, hidrolizados al menos parciales de agentes de acoplamiento y mezclas de los mismos. Como se usa en el presente documento, "agente de acoplamiento" significa un material que tiene al menos un grupo capaz de reaccionar, unirse y/o asociarse a un grupo en al menos una superficie. En una realización no limitante, un agente de acoplamiento puede servir como puente molecular en la interfase de al menos dos superficies que pueden ser superficies similares o distintas. Los agentes de acoplamiento, en otra realización no limitante, pueden ser monómeros, oligómeros, prepolímeros y/o polímeros. Tales materiales incluyen, pero sin limitación, compuestos organometálicos tales como

silanos, titanatos, circonatos, aluminatos, aluminatos de circonio, hidrolizados de los mismos y mezclas de los mismos. Como se usa en el presente documento, la expresión “hidrolizados al menos parciales de agentes de acoplamiento” significa que de al menos algunos a todos los grupos hidrolizables del agente de acoplamiento están hidrolizados. Además de agentes de acoplamiento y/o hidrolizados de agentes de acoplamiento, los revestimientos de imprimación pueden comprender otros ingredientes de mejora de la adhesión. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el revestimiento de imprimación puede comprender además una cantidad de mejora de la adhesión de un material que contiene epoxi. Las cantidades de mejora de la adhesión de los materiales que contienen epoxi, cuando se añaden a la composición de revestimiento que contiene agente de acoplamiento, pueden mejorar la adhesión de un revestimiento aplicado posteriormente en comparación con una composición de revestimiento que contiene agente de acoplamiento que está básicamente exenta del material que contiene epoxi. Otros ejemplos no limitantes de revestimientos de imprimación que son adecuados para su uso junto con diversas realizaciones no limitantes divulgadas en el presente documento incluyen los que se describen en la patente US-6.602.603 y en la patente US-6.150.430, que se incorporan en el presente documento específicamente por referencia.

Los elementos ópticos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento pueden comprender además al menos un revestimiento adicional al menos parcial elegido entre revestimientos fotocromáticos convencionales, revestimientos antirreflectantes, revestimientos de polarización lineal, revestimientos de polarización circular, revestimientos de polarización elíptica, revestimientos de transición, revestimientos de imprimación (como los tratados anteriormente) y revestimientos protectores conectados en al menos una parte del sustrato. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el al menos un revestimiento al menos parcial adicional puede estar sobre al menos una parte del revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado, es decir, como sobrecubierta; o debajo de al menos una parte del revestimiento al menos parcial, es decir, como una bajocubierta. Adicionalmente o como alternativa, el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado puede estar conectado al menos a una parte de una primera superficie y al menos un revestimiento al menos parcial adicional puede estar conectado al menos a una parte de una segunda superficie del sustrato, en el que la primera superficie está enfrente de la segunda superficie.

Ejemplos no limitantes de revestimientos fotocromáticos incluyen revestimientos que comprenden cualquiera de los compuestos fotocromáticos convencionales que se tratan con detalle más adelante. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, los revestimientos fotocromáticos pueden ser revestimientos fotocromáticos de poliuretano, tales como los que se describen en la patente de Estados Unidos 6.187.444; revestimientos fotocromáticos de resina aminoplasto, tales como los que se describen en las patentes de Estados Unidos 4.756.973, 6.432.544 y 6.506.488; revestimientos fotocromáticos de polisilano, tales como los que se describen en la patente de Estados Unidos 4.556.605; revestimientos fotocromáticos de poli(met)acrilato, tales como los que se describen en las patentes de Estados Unidos 6.602.603, 6.150.430 y 6.025.026, y la publicación WIPO 01/02449; revestimientos fotocromáticos de polianhídrido, tales como los que se describen en la patente de Estados Unidos 6.436.525; revestimientos fotocromáticos de poli(acrilamida), tales como los que se describen en la patente de Estados Unidos 6.060.001; revestimientos fotocromáticos de resina epoxi, tales como los que se describen en las patentes de Estados Unidos 4.756.973 y 6.268.055; y revestimientos fotocromáticos de poli(urea-uretano), tales como los que se describen en la patente de Estados Unidos 6.531.076. Las especificaciones de las patentes de Estados Unidos y las publicaciones internacionales mencionadas anteriormente se incorporan en el presente documento como referencia específicamente.

Los ejemplos no limitantes de revestimientos polarizantes lineales incluyen, pero sin limitación, revestimientos que comprenden compuestos dicroicos convencionales tales como, pero sin limitación, los tratados anteriormente.

Como se usa en el presente documento, la expresión “revestimiento de transición” significa un revestimiento que ayuda a crear un gradiente en las propiedades entre dos revestimientos. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, un revestimiento de transición puede ayudar a crear un gradiente en la dureza entre un revestimiento relativamente duro y un revestimiento relativamente blando. Algunos ejemplos no limitantes de revestimientos de transición incluyen películas finas basadas en acrilato curadas por radiación.

Ejemplos no limitantes de revestimientos protectores incluyen revestimientos resistentes a la abrasión que comprenden organosilanos, revestimientos resistentes a la abrasión que comprenden películas finas basadas en acrilato curadas por radiación, revestimientos resistentes a la abrasión basados en materiales inorgánicos tales como sílice, dióxido de titanio y/o dióxido de circonio, revestimientos resistentes a la abrasión orgánica del tipo que se pueden curar con luz ultravioleta, revestimientos de barrera frente a oxígeno, revestimientos protectores de UV y combinaciones de los mismos. Por ejemplo, de acuerdo con una realización no limitante, el revestimiento protector puede comprender un primer revestimiento de una película fina basada en acrilato curada por radiación y un segundo revestimiento que comprende un organosilano. Ejemplos no limitantes de productos comerciales de revestimientos protectores incluyen los revestimientos SILVUE® 124 y HI-GARD®, disponibles en SDC Coatings, Inc. y PPG Industries, Inc., respectivamente.

Otras realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento proporcionan un elemento óptico que comprende un sustrato y al menos un compuesto fotocromático-dicroico alineado al menos parcialmente conectado al

menos a una parte del sustrato y que tiene una relación de absorción promedio mayor de 2,3 en un estado activado, según se determina de acuerdo con el PROCEDIMIENTO DE LA CELDA. Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, la relación de absorción del al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado puede variar entre 4 y 20, puede variar
5 adicionalmente entre 3 y 30, y puede variar aún más entre 2,5 y 50 o más.

Como se ha tratado anteriormente, el término "conectado a" significa en contacto directo con un objeto o contacto indirecto con un objeto a través de una o más estructuras diferentes, al menos uno de los cuales está en contacto directo con el objeto. Por lo tanto, el al menos un compuesto dicroico-dicroico al menos parcialmente alineado se
10 puede conectar a la al menos una parte del sustrato que puede estar en contacto directo con al menos una parte del sustrato, o puede estar en contacto con uno o más otras estructuras o materiales que están en contacto directo o indirecto con el sustrato. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, en una realización no limitante, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado puede estar presente como parte de un revestimiento al menos parcial o lámina polimérica que está en contacto directo con al menos una
15 parte del sustrato. En otra realización no limitante, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado puede estar presente como parte de un revestimiento o una lámina que está en contacto directo con una o más de otros revestimientos al menos parciales o láminas, al menos uno de las cuales está en contacto directo con al menos una parte del sustrato.

De acuerdo con otras realizaciones no limitantes más, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado puede estar contenido en un material de cristal líquido ordenado al menos parcialmente que está en contacto directo (o indirecto) con al menos una parte del sustrato. Además, de acuerdo con esta realización no limitante, el elemento óptico puede comprender dos sustratos y el material de cristal líquido al menos parcialmente ordenado y el compuesto fotocromico-dicroico alineado al menos parcialmente puede colocarse entre
20 dos sustratos, por ejemplo, para formar una celda de cristal líquido activa o pasiva.

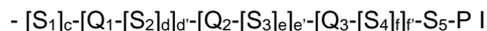
Ejemplos no limitantes de compuestos fotocromicos-dicroicos adecuados para su uso junto con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen:

- 30 (1) 3-fenil-3-(4-(4-(3-piperidin-4-il-propil)piperidino)fenil)-13,13-dimetil-indeno[2',3':3,4]-nafto[1,2-b]pirano;
(2) 3-fenil-3-(4-(4-(3-(1-(2-hidroxietil)piperidin-4-yl)propil)piperidino)fenil)-13,13-dimetil-indeno[2',3':3, 4]nafto[1,2-b]pirano;
(3) 3-fenil-3-(4-(4-(4-butyl-fenilcarbamoil)-piperidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-fenil-piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
35 (4) 3-fenil-3-(4-([1,4']bipiperidinil-1'-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-([1,4']bipiperidinil-1'-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
(5) 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-hexilbenzoiloxi)-piperidin-1-il)indeno[2',3':3,4] nafto[1,2-b]pirano;
(6) 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4'-octiloxi-bifenil-4-carboniloxi)-piperidin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
40 (7) 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperidin-1-il)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
(8) 3-fenil-3-(4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperidin-1-il)-fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-[17-(1, 5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperidin-1-il)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
45 (9) 3-fenil-3-(4-(4-fenilpiperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4'-octiloxi-bifenil-4-carboniloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
(10) 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-hexiloxifenilcarboniloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
50 (11) 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-(2-fluorbenzoiloxi)benzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
(12) 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13-hidroxietil-13-etil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4] nafto[1,2-b]pirano;
55 (13) 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-hexilbenzoiloxi)benzoiloxi)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
(14) 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)benzoiloxi)benzoiloxi)indeno[2',3':3,4] nafto[1,2-b]pirano;
60 (15) 3-fenil-3-(4-(4-metoxifenil)-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(3-fenilprop-2-yniloxi)fenil)piperazin-1-il)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
(16) 3-(4-metoxifenil)-3-(4-(4-metoxifenil)piperazin-1-il)fenil)-13-etil-13-hidroxietil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
(17) 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14, 15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxi]-13-etil-6-metoxi-7-(4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxi-carboniloxi]-piperadin-1-il)-

- indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (18) 3-fenil-3-(4-[4-(17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi)-piperidin-1-il]-fenil)-13-etil-13-hidroxietyl-6-metoxi-7-(4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi)-piperidin-1-il]-)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- 5 (19) 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]piran-7-il)-piperadin-1-il)oxicarbonil)fenil)fenil)caboniloxi)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (20) 3-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-3-fenil-7-metoxicarbonil-3H-nafto[2,1-b]pirano;
- 10 (21) 3-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-3-fenil-7-hidroxietylcarbonil-3H-nafto[2,1-b]pirano;
- (22) 3-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-3-fenil-7-(4-fenil-(fen-1-oxi)carbonil)-3H-nafto[2,1-b]pirano;
- (23) 3-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-3-fenil-7-(N-(4-(4-dimetilamino)fenil)diazenil)fenil)carbamoil-3H-nafto[2,1-b]pirano;
- (24) 2-fenil-2-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-benzofuro[3',2':7,8]benzo[b]pirano;
- 15 (25) 2-fenil-2-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-benzotieno[3',2':7,8]benzo[b]pirano;
- (26) 7-(17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi)-2-fenil-2-(4-pirrolidin-1-il-fenil)-6-metoxicarbonil-2H-benzo[b]pirano;
- (27) 2-fenil-2-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-9-hidroxietyl-8-metoxicarbonil-2H-nafto[1,2-b]pirano;
- 20 (28) 2-fenil-2-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-9-hidroxietyl-8-(N-(4-butyfenil)carbamoil-2H-nafto[1,2-b]pirano);
- (29) 2-fenil-2-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-9-hidroxietyl-8-(N-(4-fenil)fenil)carbamoil-2H-nafto[1,2-b]pirano;
- (31) 1,3,3-trimetil-6'-(4-[N-(4-butyfenil)carbamoil]-piperidin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- (32) 1,3,3-trimetil-6'-(4-(4-metoxifenil)piperazin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- 25 (33) 1,3,3-trimetil-6'-(4-(4-hidroxietylfenil)piperazin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- (34) 1,3,3,5,6-pentametil-7'-(4-(4-metoxifenil)piperazin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- (35) 1,3-dietil-3-metil-5-metoxi-6'-(4-(4'-hexiloxi-bifenil-4-carboniloxi)-piperidin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- (36) 1,3-dietil-3-metil-5-(4-(4-pentadecafluoroheptiloxi-fenilcarbamoil)-benziloxi)-6'-(4-(4'-hexiloxi-bifenil-4-carboniloxi)-piperidin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- 30 (37) 2-fenil-2-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-5-carbometoxi-8-(N-(4-fenil)fenil)carbamoil-2H-nafto[1,2-b]pirano;
- (38) 2-fenil-2-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-5-carbometoxi-8-(N-(4-fenil)fenil)carbamoil-2H-fluoantheno[1,2-b]pirano;
- 35 (39) 2-fenil-2-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-5-carbometoxi-11-(4-(17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi)fenil)-2H-fluoantheno[1,2-b]pirano;
- (40) 1-(4-carboxibutil)-6-(4-(4-propilfenil)carboniloxi)fenil)-3,3-dimetil-6'-(4-etoxicarbonil)-piperidin-1-il)-espiro[(1,2-dihidro-9H-dioxolano[4',5':6,7]indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- 40 (41) 1-(4-carboxibutil)-6-(4-(4-propilfenil)carboniloxi)fenil)-3,3-dimetil-7'-(4-etoxicarbonil)-piperidin-1-il)-espiro[(1,2-dihidro-9H-dioxolano[4',5':6,7]indolin-2,3'-3H-nafto[1,2-b][1,4]oxazina];
- (42) 1,3-dietil-3-metil-5-(4-(17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi)fenil)-6'-(4-(4'-hexiloxi-bifenil-4-carboniloxi)-piperidin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- 45 (43) 1-butil-3-etil-3-metil-5-metoxi-7'-(4-(4'-hexiloxi-bifenil-4-carboniloxi)-piperidin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[1,2-b][1,4]oxazina];
- (44) 2-fenil-2-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-5-metoxicarbonil-6-metil-2H-9-(4-(4-propilfenil)carboniloxi)fenil)(1,2-dihidro-9H-dioxolano[4',5':6,7]nafto[1,2-b]pirano);
- (45) 3-(4-metoxifenil)-3-(4-(4-metoxifenil)piperazin-1-il)fenil)-13-etil-13-hidroxietyl-6-metoxi-7-(4-(4-propilfenil)carboniloxi)fenil)-[1,2-dihidro-9H-dioxolano[4',5':6,7]indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- 50 (46) 3-fenil-3-(4-(4-metoxifenil)piperazin-1-il)fenil)-13-etil-13-hidroxietyl-6-metoxi-7-(4-(4-hexilfenil)carboniloxi)fenil)-[1,2-dihidro-9H-dioxolano[4',5':5,6]indeno[2',3':3,4]]nafto[1,2-b]pirano;
- (47) 4-(4-(4-ciclohexiliden-1-etil-2,5-dioxopirrolin-3-iliden)etil)-2-tienil)fenil-(4-propil)benzoato;
- (48) 4-(4-(4-adamantan-2-iliden-1-(4-(4-hexilfenil)carboniloxi)fenil)-2,5-dioxopirrolin-3-iliden)etil)-2-tienil)fenil-(4-propil)benzoato;
- 55 (49) 4-(4-(4-adamantan-2-iliden-2,5-dioxo-1-(4-(4-(4-propilfenil)piperazinil)fenil)pirrolin-3-iliden)etil)-2-tienil)fenil(4-propil)benzoato;
- (50) 4-(4-(4-adamantan-2-iliden-2,5-dioxo-1-(4-(4-(4-propilfenil)piperazinil)fenil)pirrolin-3-iliden)etil)-1-metilpirrol-2-il)fenil(4-propil)benzoato;
- 60 (51) 4-(4-(4-adamantan-2-iliden-2,5-dioxo-1-(4-(17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi)fenil)pirrolin-3-iliden)etil)-1-metilpirrol-2-yl)fenil(4-propil)benzoato;
- (52) 4-(4-metil-5,7-dioxo-6-(4-(4-(4-propilfenil)piperazinil)fenil)espiro[8,7a-dihidrothiapheno[4,5-f]isoindole-8,2'-adamantane]-2-il)fenil(4-propil)fenilbenzoato;
- 65 (53) N-(4-(17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi)fenil)-6,7-dihidro-4-metil-2-fenilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-

- 7,2-triciclo[3.3.1.1]decano);
 (54) N-cianometil-6,7-dihidro-2-(4-(4-(4-propilfenil)piperazinil)fenil)-4-metilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1] decano);
 (55) N-feniletil-6,7-dihidro-2-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)fenil-4-metilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1] decano);
 (56) N-feniletil-6,7-dihidro-2-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)fenil-4-ciclopropil espiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano);
 (57) N-feniletil-6,7-dihidro-2-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)fenil-4-ciclopropil espiro(5,6-benzo[b]furodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano);
 (58) N-cianometil-6,7-dihidro-4-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)fenil-2-fenilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano);
 (59) N-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarbonil -6,7-dihidro-2-(4-metoxifenil)fenil-4-metilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano);
 (60) N-cianometil-2-(4-(6-(4-butilfenil)carboniloxi-(4,8-dioxabicyclo[3.3.0]oct-2-il))oxicarbonil)fenil-6,7-dihidro-4-ciclopropilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano);
 (61) 6,7-dihidro-N-metoxicarbonilmetil-4-(4-(6-(4-butilfenil)carboniloxi-(4,8-dioxabicyclo[3.3.0]oct-2-il))oxicarbonil)fenil-2-fenilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano); y
 (62) 3-fenil-3-(4-pirrolidinilfenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-(6-(4-(4-(4-(4-nonilfenilcarboniloxi)fenil)oxicarbonil)fenoxi)hexiloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]piran.

Más generalmente, dichos compuestos fotocromicos-dicroicos comprenden: (A) al menos un grupo fotocromico (PC) elegido entre piranos, oxazinas y fulgidos; y (b) al menos un agente de alargamiento unido a al menos un grupo fotocromico, en el que el agente de alargamiento (L) está representado por la siguiente Fórmula I (que se describe con detalle a continuación):



Tal como se usa en el presente documento, el término "unido" significa unido directamente o unido indirectamente a través de otro grupo. Por lo tanto, por ejemplo, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, L puede unirse directamente al PC como sustituyente en el PC o L puede ser un sustituyente en otro grupo (tal como un grupo representado por R¹, que se trata a continuación) que está directamente unido al PC (es decir, L está unido indirectamente al PC). Aunque sin limitarse al presente documento, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, L puede unirse al PC para extender o alargar el PC en un estado activado de modo que la relación de absorción del PC extendido (es decir, el compuesto fotocromico) se incrementa en comparación con el PC de forma individual. Aunque sin limitarse al presente documento, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, la localización de la unión de L al PC puede seleccionarse de modo que L alargue el PC en al menos una de una dirección paralela a y una dirección perpendicular a un momento dipolar transicional teórico de la forma activada del PC. Como se usa en el presente documento, la expresión "momento dipolar transicional teórico" se refiere a la polarización dipolar transitoria creada por la interacción de la radiación electromagnética con la molécula. Véase, por ejemplo, IUPAC Compendium of Chemical Technology, 2.^a Ed., International Union of Pure and Applied Chemistry (1997).

Con referencia a la Fórmula I anterior, cada Q₁, Q₂, y Q₃ puede seleccionarse independientemente en cada ocasión entre: un grupo divalente elegido de entre un grupo aromático no sustituido o sustituido, un grupo alicíclico no sustituido o sustituido, un grupo heterocíclico no sustituido o sustituido, y mezclas de los mismos, en el que los sustituyentes se eligen entre: un grupo representado por P (como se establece a continuación), arilo, tiol, amida, mesógenos de cristal líquido, halógeno, alcoxi C₁-C₁₈, poli(alcoxi C₁-C₁₈), amino, aminoalquileo (C₁-C₁₈), alquilamino C₁-C₁₈, di-alquilamino (C₁-C₁₈), alquilo C₁-C₁₈, alqueno C₂-C₁₈, alquino C₂-C₁₈, alquil C₁-C₁₈-alcoxi (C₁-C₁₈), alcoxicarbonilo C₁-C₁₈, alquilcarbonilo C₁-C₁₈, carbonato de alquilo C₁-C₁₈, carbonato de arilo, acetilo C₁-C₁₈, cicloalquilo C₃-C₁₀, cicloalcoxi C₃-C₁₀, isocianato, amido, ciano, nitro, un grupo alquilo C₁-C₁₈ de cadena lineal o ramificada que está monosustituido con ciano, halo o alcoxi C₁-C₁₈, o polisustituido con halógeno, y un grupo representado por una de las fórmulas siguientes: -M(T)_(t-1) y -M(OT)_(t-1), en los que M se elige entre aluminio, antimonio, tantalio, titanio, circonio y silicio, T se elige entre radicales organofuncionales, radicales de hidrocarburo organofuncionales, radicales de hidrocarburo alifático y radicales de hidrocarburo aromático, y t es la valencia de M. Como se usa en el presente documento, el prefijo "poli" significa al menos dos.

Tal como se ha tratado anteriormente, Q₁, Q₂, y Q₃ pueden seleccionarse independientemente en cada ocasión entre un grupo divalente, tal como un grupo aromático no sustituido o sustituido, un grupo heterocíclico no sustituido o sustituido, y un grupo alicíclico no sustituido o sustituido. Los ejemplos no limitantes de grupos aromáticos útiles incluyen: benzo, nafto, fenantro, bifenilo, tetrahidro nafto, terfenilo y antraceno.

Como se usa en el presente documento, la expresión "grupo heterocíclico" significa un compuesto que tiene un anillo de átomos, en el que al menos un átomo que forma el anillo es diferente de los otros átomos que forman el anillo. Además, tal como se usa en el presente documento, el término grupo heterocíclico excluye específicamente grupos heterocíclicos fusionados. Ejemplos no limitantes de grupos heterocíclicos adecuados entre los que Q₁, Q₂, y Q₃ se

pueden elegir incluyen: isosorbitol, dibenzofuro, dibenzotieno, benzofuro, benzotieno, tieno, furo, dioxino, carbazolo, antranililo, azepinilo, benzoxazolilo, diazepinilo, diazilo, imidazolidinilo, imidazolilo, imidazolinilo, indazolilo, indoleninilo, indolinilo, indolizininilo, indolilo, indoxazinilo, isobenzazolilo, isoindolilo, isooxazolilo, isooxazilo, isopirrolilo, isoquinolilo, isotiazolilo, morfolino, morfolinilo, oxadiazolilo, oxatiazolilo, oxatiazilo, oxatiolilo, oxatriazolilo, oxazolilo, piperazinilo, piperazilo, piperidilo, purinilo, piranopirrolilo, pirazinilo, pirazolidinilo, pirazolinilo, pirazolilo, pirazilo, piridazinilo, piridazilo, piridilo, pirimidinilo, pirimidilo, piridenilo, pirrolidinilo, pirrolinilo, pirroloilo, quinolizininilo, quinuclidinilo, quinolilo, tiazolilo, triazolilo, triazilo, N-arilpiperazino, aziridino, arilpiperidino, tiomorfolino, tetrahidroquinolino, tetrahidroisoquinolino, pirrilo, aminas espirobicíclicas C₄-C₁₈ no sustituidas, monosustituidas o disustituidas, y aminas espirotríclicas C₄-C₁₈ no sustituidas, monosustituidas o disustituidas.

Tal como se ha tratado anteriormente, Q₁, Q₂, y Q₃ pueden elegirse entre aminas espirobicíclicas C₄-C₁₈ y aminas espirotríclicas C₄-C₁₈ monosustituidas o disustituidas. Los ejemplos no limitantes de sustituyentes adecuados incluyen arilo, alquilo C₁-C₆, alcoxi C₁-C₆, o fenil-alquilo (C₁-C₆). Ejemplos no limitantes específicos de aminas espirobicíclicas monosustituidas o disustituidas incluyen: 2-azabicyclo[2.2.1]hept-2-ilo; 3-azabicyclo[3.2.1]oct-3-ilo; 2-azabicyclo[2.2.2]oct-2-ilo; y 6-azabicyclo[3.2.2]nonan-6-ilo. Ejemplos no limitantes específicos de aminas tríclicas monosustituidas o disustituidas incluyen: 2-azatriciclo[3.3.1.1(3,7)]decan-2-ilo; 4-benzil-2-azatriciclo[3.3.1.1(3,7)]decan-2-ilo; 4-metoxi-6-metil-2-azatriciclo[3.3.1.1(3,7)]decan-2-ilo; 4-azatriciclo[4.3.1.1(3,8)]undecan-4-ilo; and 7-metil-4-azatriciclo[4.3.1.1(3,8)]undecan-4-ilo. Ejemplos de grupos alicíclicos de los que Q₁, Q₂, y Q₃ se pueden elegir incluyen, sin limitación, ciclohexilo, ciclopropilo, norbornenilo, decalinilo, adamantanilo, bicicloctano, perhidrofluoreno y cubanilo.

Con referencia continuada a la Fórmula I, y cada S₁, S₂, S₃, S₄, y S₅ se elige independientemente en cada ocasión de una unidad espaciadora seleccionada entre:

- (1) -(CH₂)_g-, -(CF₂)_h-, -Si(CH₂)_g-, -(Si[(CH₃)₂O]_h)-, en los que g se elige independientemente en cada ocasión entre 1 y 20; h se elige entre 1 y 16;
- (2) -N(Z)-, -C(Z)=C(Z)-, -C(Z)=N-, -C(Z')-C(Z')-, en los que Z se selecciona independientemente en cada ocasión entre hidrógeno, alquilo C₁-C₆, cicloalquilo y arilo, y Z' se selecciona en cada ocasión entre alquilo C₁-C₆, cicloalquilo y arilo; y
- (3) -O-, -C(O)-, -C≡C-, -N=N-, -S-, -S(O)-, -S(O)(O)-, resto de alquileo C₁-C₂₄ de cadena lineal o ramificada, estando dicho resto de alquileo C₁-C₂₄ no sustituido, monosustituido con ciano o halógeno, o polisustituido con halógeno;

con la condición de que cuando dos unidades espaciadoras que comprenden heteroátomos están unidas, las unidades espaciadoras se unan de manera que los heteroátomos no estén directamente unidos entre sí, y cuando S₁ y S₅ están unidas al PC y al P, respectivamente, están unidas de forma que dos heteroátomos no estén unidos directamente entre sí. Como se usa en el presente documento, el término "heteroátomo" significa átomos distintos de carbono o hidrógeno.

Además, en la Fórmula I, c, d, e y f se pueden elegir cada uno independientemente de un número entero que varía entre 0 y 20, ambos incluidos; y d', e' y f' se pueden elegir cada uno independientemente entre 0, 1, 2, 3 y 4, con la condición de que una suma de d' + e' + f sea al menos 2. De acuerdo con realizaciones no limitantes, c, d, e y f se pueden elegir cada uno independientemente de un número entero que varía entre 0 y 20, ambos incluidos; y d', e' y f' se pueden elegir cada uno independientemente entre 0, 1, 2, 3 y 4, con la condición de que una suma de d' + e' + f sea al menos 3.

Además, en la Fórmula I, P puede elegirse entre: aziridinilo, hidrógeno, hidroxilo, arilo, alquilo, alcoxi, amino, alquilamino, alquilalcoxi, alcoxialcoxi, nitro, éter de polialquilo, alquil (C₁-C₆)-alcoxi (C₁-C₆)-alquilo (C₁-C₆), polietilenoxi, polipropilenoxi, etileno, acrilato, metacrilato, 2-cloroacrilato, 2-fenilacrilato, acriloilfenileno, acrilamida, metacrilamida, 2-cloroacrilamida, 2-fenilacrilamida, epoxi, isocianato, tiol, tioisocianato, éster de ácido itacónico, éter vinílico, éster vinílico, un derivado de estireno, siloxano, polímeros de cristal líquido de cadena principal y de cadena lateral, un mesógeno de cristal líquido, derivados de etilenimina, derivados de ácido maleico, derivados de ácido fumárico, derivados de ácido cinámico no sustituidos, derivados de ácido cinámico que están sustituidos con al menos uno de metilo, metoxi, ciano y halógeno, y grupos monovalentes o divalentes quirales o no quirales sustituidos o no sustituidos elegidos entre radicales esteroides, radicales terpenoides, radicales alcaloides y mezclas de los mismos, en los que los sustituyentes se eligen independientemente entre un alquilo, un alcoxi, amino, cicloalquilo, alquilalcoxi, un fluoroalquilo, un cianoalquilo, un cianoalcoxi y mezclas de los mismos.

Además, aunque de manera no limitante en el presente documento, cuando P es un grupo polimerizable, el grupo polimerizable puede ser cualquier grupo funcional adaptado para participar en una reacción de polimerización. Ejemplos no limitantes de reacciones de polimerización incluyen los descritos en la definición de "polimerización" en Hawley's Condensed Chemical Dictionary, Decimotercera edición, 1997, John Wiley & Sons, páginas 901-902, cuya divulgación se incorpora en el presente documento por referencia. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, las reacciones de polimerización incluyen: "polimerización por adición", en la que los radicales libres son los agentes iniciadores que reaccionan con el doble enlace de un monómero mediante la adición a un lado al mismo tiempo que producen un nuevo electrón libre en el otro lado; "polimerización por condensación", en la que

dos moléculas que reaccionan se combinan para formar una molécula más grande con eliminación de una molécula pequeña, tal como una molécula de agua; y "polimerización de acoplamiento oxidativo." Además, ejemplos no limitantes de grupos polimerizables incluyen hidroxilo, acriloxi, metacriloxi, 2-(acriloxi)etilcarbamil, 2-(metacriloxi)etilcarbamil, isocianato, aziridina, alilcarbonato y epoxi, por ejemplo, oxiranilmetilo.

5 Además, P se puede elegir entre un polímero de cristal líquido de cadena principal o de cadena lateral y un mesógeno de cristal líquido. Tal como se usa en el presente documento, el término "mesógeno" de cristal líquido significa moléculas de cristal líquido similares a varillas rígidas o similares a discos. Además, tal como se usa en el presente documento, la expresión "polímero de cristal líquido de cadena principal" se refiere a un polímero que tiene mesógenos de cristal líquido dentro de la estructura del esqueleto (es decir, la cadena principal) del polímero. Tal como se usa en el presente documento, la expresión "polímero de cristal líquido de cadena principal" se refiere a un polímero que tiene mesógenos unidos al polímero en las cadenas laterales. Aunque sin limitarse al presente documento, en general, los mesógenos están formados por dos o más anillos aromáticos que restringen el movimiento de un polímero de cristal líquido. Ejemplos de mesógenos de cristal líquido de tipo varilla adecuados incluyen, sin limitación: ésteres aromáticos sustituidos o no sustituidos, compuestos aromáticos lineales sustituidos o no sustituidos, y terfenilos sustituidos o no sustituidos. De acuerdo con otra realización no limitante específica, P puede elegirse entre un esteroide, por ejemplo, y sin limitación, un compuesto colesterólico.

20 Ejemplos no limitantes de piranos fotocromáticos térmicamente reversibles a partir de los cuales se puede elegir el grupo PC fotocromático incluyen benzopiranos, naftopiranos, por ejemplo, nafto[1,2-b]piranos, nafto[2,1-b]piranos, naftopiranos indeno-condensados, tales como los desvelados en la patente de Estados Unidos 5.645.767 y naftopiranos condensados con heterociclos, tales como los desvelados en las patentes de Estados Unidos n.º 5.723.072, 5.698.141, 6.153.126 y 6.022.497, que se incorporan a modo de referencia en el presente documento; espiro-9-fluoreno[1,2-b]piranos; fenantropiranos; quinopiranos; fluoroantenopiranos; espiropiranos, por ejemplo, espiro(benzindolin)naftopiranos, espiro(indolin)benzopiranos, espiro(indolin)naftopiranos, espiro(indolin)quinopiranos y espiro(indolin)piranos. Se describen ejemplos más específicos de naftopiranos y de sustancias fotocromáticas orgánicas complementarias en la patente de los Estados Unidos 5.658.501, que se incorporan en el presente documento específicamente por referencia. Los espiro(indolin)piranos también se describen en el texto, Techniques in Chemistry, Volumen III, "Photochromism", Capítulo 3, Glenn H. Brown, Editor, John Wiley and Sons, Inc., Nueva York, 1971, que se incorpora por referencia en el presente documento.

35 Ejemplos no limitantes de oxazinas fotocromáticas de las que se puede elegir el PC incluyen benzoxazinas, naftoxazinas y espiro-oxazinas, por ejemplo, espiro(indolin)naftoxazinas, espiro(indolin)piridobenzoxazinas, espiro(benzindolin)piridobenzoxazinas, espiro(benzindolin)naftoxazinas, espiro(indolin)benzoxazinas, espiro(indolin)fluorantioxazina y espiro(indolin)quinoxazina. Ejemplos no limitantes de fúlgidos fotocromáticos de los que se puede elegir el PC incluyen: fulgimidas y los fúlgidos y fulgimidas de 3-furilo y 3-tienilo, que se desvelan en la patente de los Estados Unidos 4.931.220 (que se incorporan específicamente por referencia en el presente documento) y mezclas de cualquiera de los compuestos/materiales fotocromáticos mencionados anteriormente.

40 Además, cuando el compuesto fotocromático-dicroico comprende al menos dos PC, los PC pueden unirse entre sí mediante sustituyentes del grupo de enlace en los PC individuales. Por ejemplo, los PC pueden ser grupos fotocromáticos polimerizables o grupos fotocromáticos que están adaptados para ser compatibles con un material hospedador ("grupo fotocromático compatibilizado"). Los ejemplos no limitantes de grupos fotocromáticos polimerizables entre los que pueden seleccionarse los PC y que son útiles junto con diversas realizaciones desveladas en el presente documento se desvelan en la patente de los Estados Unidos 6.113.814, que se incorporan en el presente documento específicamente por referencia. Los ejemplos no limitantes de grupos fotocromáticos compatibilizados entre los que pueden seleccionarse los PC y que son útiles junto con diversas realizaciones desveladas en el presente documento se desvelan en la patente de los Estados Unidos 6.555.028, que se incorporan en el presente documento específicamente por referencia.

50 Otros grupos fotocromáticos adecuados y grupos fotocromáticos complementarios se describen en las patentes de Estados Unidos 6.080.338 en la columna 2, línea 21, a la columna 14, línea 43; 6.136.968 en la columna 2, línea 43, a la columna 20, línea 67; 6.296.785 en la columna 2, línea 47, a la columna 31, línea 5; 6.348.604 en la columna 3, línea 26, a la columna 17, línea 15; 6.353.102 en la columna 1, línea 62, a la columna 11, línea 64; y 6.630.597 en la columna 2, línea 16, a la columna 16, línea 23; las divulgaciones de las patentes mencionadas anteriormente se incorporan por referencia en el presente documento.

60 Además de al menos un agente de alargamiento (L), los compuestos fotocromáticos pueden comprender además al menos un grupo representado por R^1 que está unido directamente al PC. Aunque no es necesario, como se ha tratado anteriormente, el al menos un agente de alargamiento (L) puede unirse indirectamente al PC a través del al menos un grupo representado por R^1 . Es decir, L puede ser un sustituyente en al menos un grupo R^1 que está unido al PC. De acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, R^1 puede seleccionarse independientemente en cada ocasión entre:

65 (i) hidrógeno, alquilo C_1-C_{12} , alquilideno C_2-C_{12} , alquilidino C_2-C_{12} , vinilo, cicloalquilo C_3-C_7 , haloalquilo C_1-C_{12} , alilo, halógeno y bencilo que está sin sustituir o monosustituido con al menos uno de alquilo C_1-C_{12} y alcoxi C_1-

C₁₂;

(ii) fenilo que está monosustituido en la posición *para* con al menos un sustituyente seleccionado entre: alcoxi C₁-C₇, alquileo C₁-C₂₀ de cadena lineal o ramificada, polioxialquileo C₁-C₄ de cadena lineal o ramificada, alquileo C₃-C₂₀ cíclico, fenileno, naftileno, fenileno sustituido con alquilo C₁-C₄, mono o poliuretano de alquileo (C₁-C₂₀), mono o poliéster de alquileo (C₁-C₂₀), mono o policarbonato de alquileo (C₁-C₂₀), polisilanileno, polisiloxanileno y mezclas de los mismos, en los que el al menos un sustituyente está conectado con un grupo arilo de un material fotocromico;

(iii) -CH(CN)₂ y -CH(COOX₁)₂, en el que X₁ se selecciona entre al menos uno de un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, H, alquilo C₁-C₁₂ que está sin sustituir o monosustituido con fenilo, fenilalquilo (C₁-C₁₂) que está monosustituido con alquilo C₁-C₁₂ o alcoxi C₁-C₁₂ y un grupo arilo que está sin sustituir, monosustituido o disustituido, en el que cada sustituyente arilo se selecciona independientemente entre alquilo C₁-C₁₂ y alcoxi C₁-C₁₂;

(iv) -CH(X₂)(X₃), en el que:

(A) X₂ se elige entre al menos uno de un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, hidrógeno, alquilo C₁-C₁₂ y un grupo arilo que está sin sustituir, monosustituido o disustituido, en el que cada sustituyente arilo se selecciona independientemente entre alquilo C₁-C₁₂ y alcoxi C₁-C₁₂; y

(B) X₃ se selecciona entre al menos uno de -COOX₁, -COX₁, -COX₄, y -CH₂OX₅, en el que:

(1) X₄ se selecciona entre al menos uno de morfolino, piperidino, amino que está sin sustituir, monosustituido o disustituido con alquilo C₁-C₁₂ y un grupo no sustituido, monosustituido o disustituido seleccionado entre fenilamino y difenilamino, en el que cada sustituyente se selecciona independientemente entre alquilo C₁-C₁₂ o alcoxi C₁-C₁₂; y

(2) X₅ se elige entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, hidrógeno, -C(O)X₂, alquilo C₁-C₁₂ que está sin sustituir o monosustituido con fenilo o alcoxi (C₁-C₁₂), fenilalquilo (C₁-C₁₂) que está monosustituido con alcoxi (C₁-C₁₂) y un grupo arilo que está sin sustituir, monosustituido o disustituido, en el que cada sustituyente arilo se selecciona independientemente entre alquilo C₁-C₁₂ y alcoxi C₁-C₁₂;

(v) un grupo arilo no sustituido, monosustituido, disustituido o trisustituido, tales como fenilo, naftilo, fenantrilo o pirenilo; 9-julolidinilo; o un grupo heteroaromático no sustituido, monosustituido o disustituido seleccionado entre piridilo, furanilo, benzofuran-2-ilo, benzofuran-3-ilo, tienilo, benzotien-2-ilo, benzotien-3-ilo, dibenzofuranilo, dibenzotienilo, carbazóilo, benzopiridilo, indolinilo y fluorenilo; en el que los sustituyentes se seleccionan independientemente en cada ocasión entre:

(A) un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior;

(B) -C(O)X₆, en el que X₆ se selecciona entre al menos uno de: un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, H, alcoxi C₁-C₁₂, fenoxi que esta sin sustituir, monosustituido o disustituido con alquilo C₁-C₁₂ o alcoxi C₁-C₁₂, un grupo arilo que está sin sustituir, monosustituido o disustituido con alquilo C₁-C₁₂ o alcoxi C₁-C₁₂, un grupo amino que está sin sustituir, monosustituido o disustituido con alquilo C₁-C₁₂ y un grupo fenilamino que está sin sustituir, monosustituido o disustituido con alquilo C₁-C₁₂ o alcoxi C₁-C₁₂;

(C) arilo, haloarilo, cicloalquilarilo C₃-C₇ y un grupo arilo que está monosustituido o disustituido con alquilo C₁-C₁₂ o alcoxi C₁-C₁₂;

(D) alquilo C₁-C₁₂, cicloalquilo C₃-C₇, cicloalquiloxi C₃-C₇-alquilo (C₁-C₁₂), arilalquilo (C₁-C₁₂), ariloxialquilo (C₁-C₁₂), mono o dialquilaril (C₁-C₁₂)alquilo (C₁-C₁₂), mono o dialcoxiaril (C₁-C₁₂)alquilo (C₁-C₁₂), haloalquilo y monoalcoxi (C₁-C₁₂)alquilo (C₁-C₁₂);

(E) alcoxi C₁-C₁₂, cicloalcoxi C₃-C₇; cicloalquiloalcoxi (C₁-C₁₂); arilalcoxi (C₁-C₁₂), ariloxialcoxi (C₁-C₁₂), mono o dialquilaril (C₁-C₁₂)alcoxi (C₁-C₁₂) y mono o dialcoxiaril (C₁-C₁₂)alcoxi (C₁-C₁₂);

(F) amido, amino, mono o dialquilamino, diarilamino, piperazino, N-alquilpiperazino (C₁-C₁₂), N-arilpiperazino, aziridino, indolino, piperidino, morfolino, tiomorfolino, tetrahydroquinolino, tetrahydroisoquinolino, pirrolidilo, hidróxilo, acríloxi, metacríloxi y halógeno;

(G) -OX₇ y -N(X₇)₂, en el que X₇ se selecciona entre:

(1) un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, hidrógeno, alquilo C₁-C₁₂, acilo C₁-C₁₂, fenilalquilo (C₁-C₁₂), fenilalquilo (C₁-C₁₂) sustituido con monoalquilo (C₁-C₁₂), fenilalquilo (C₁-C₁₂) sustituido con monoalcoxi (C₁-C₁₂); alcoxi C₁-C₁₂alquilo (C₁-C₁₂); cicloalquilo C₃-C₇; cicloalquilo C₃-C₇ sustituido con monoalquilo (C₁-C₁₂), haloalquilo C₁-C₁₂, alilo, benzoílo, benzoílo monosustituido, naftoílo o naftoílo monosustituido, en el que cada uno de dichos sustituyentes benzoílo y naftoílo se selecciona independientemente entre alquilo C₁-C₁₂ y alcoxi C₁-C₁₂;

(2) -CH(X₈)X₉, en el que X₈ se elige entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, H o alquilo C₁-C₁₂; y X₉ se elige entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, -CN, -CF₃, o -COOX₁₀, en el que X₁₀ se elige entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, H o alquilo C₁-C₁₂;

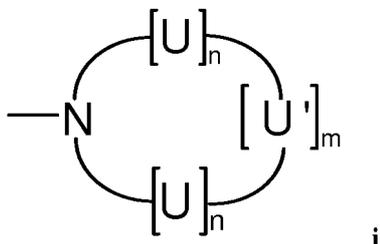
(3) -C(O)X₆; y

(4) trialquilsililo (C₁-C₂), trialcoxisililo (C₁-C₁₂), dialquil (C₁-C₂)silil (alcoxi C₁-C₁₂) o dialcoxi (C₁-C₁₂)silil (alquilo C₁-C₁₂);

(H) -SX₁₁, en el que X₁₁ se elige entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, alquilo C₁-C₁₂, un grupo arilo que está sin sustituir o monosustituido o disustituido con alquilo C₁-C₁₂, alcoxi C₁-C₁₂ o halógeno;

(I) un anillo que contiene nitrógeno representado por la Fórmula i:

5



en el que:

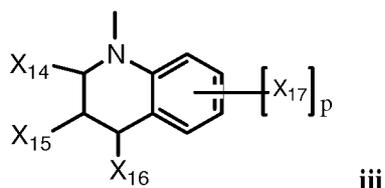
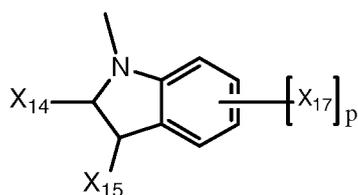
10

(1) n es un número entero seleccionado entre 0, 1, 2 y 3, con la condición de que si n es 0, U' es U y cada U se selecciona independientemente en cada ocasión entre -CH₂-, -CH(X₁₂)-, -C(X₁₂)₂-, -CH(X₁₃)-, -C(X₁₃)₂- y -C(X₁₂)(X₁₃)-, en el que X₁₂ se selecciona entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior y alquilo C₁-C₁₂ y X₁₃ se selecciona entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, fenilo y naftilo, y

15

(2) U' se selecciona entre U, -O-, -S-, -S(O)-, -NH-, -N(X₁₂)- o -N(X₁₃)- y m es un número entero seleccionado entre 1, 2 y 3; y

(J) un grupo representado por una de las Fórmulas ii o iii:



20

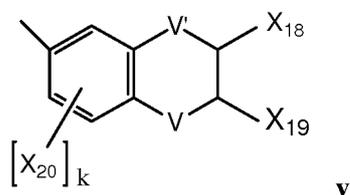
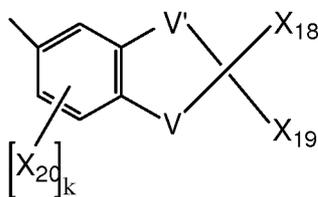
en el que X₁₄, X₁₅, y X₁₆ se seleccionan independientemente en cada ocasión entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, alquilo C₁-C₁₂, fenilo y naftilo o X₁₄ y X₁₅ juntos forman un anillo de 5 a 8 átomos de carbono; p es un número entero seleccionado entre 0, 1 o 2, y X₁₇ se selecciona independientemente en cada ocasión entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, alquilo C₁-C₁₂, alcoxi C₁-C₁₂ y halógeno;

25

(vi) un grupo no sustituido o monosustituido seleccionado entre pirazolilo, imidazolilo, pirazolinilo, imidazolinilo, pirrolidinilo, fenotiazinilo, fenoxazinilo, fenazinilo y acridinilo, en el que cada sustituyente se selecciona independientemente entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, alquilo C₁-C₁₂, alcoxi C₁-C₁₂, fenilo, hidroxilo, amino y halógeno;

30

(vii) un grupo representado por una de las Fórmulas iv o v:



35

en la que

(A) V' se selecciona independientemente en cada fórmula entre -O-, -CH-, alquilenos C₁-C₆ y cicloalquilenos C₃-C₇,

40

(B) V se selecciona independientemente en cada fórmula entre -O- o -N(X₂₁)-, en el que X₂₁ es entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, hidrógeno, alquilo C₁-C₁₂ y acilo C₂-C₁₂, siempre que si V es -N(X₂₁)-, V' es -CH₂-,

(C) X₁₈ y X₁₉ se seleccionan cada uno independientemente entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, hidrógeno y alquilo C₁-C₁₂, y

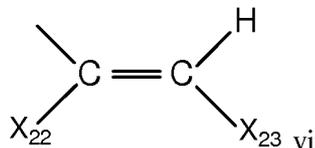
45

(D) k se selecciona entre 0, 1 y 2, y cada X₂₀ se selecciona independientemente en cada ocasión entre un

agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, alquilo C₁-C₁₂, alcoxi C₁-C₁₂, hidroxilo y halógeno;

(viii) un grupo representado por la Fórmula vi:

5



en la que

10 (A) X₂₂ se selecciona entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, hidrógeno y alquilo C₁-C₁₂, y

15 (B) X₂₃ se selecciona entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior o un grupo no sustituido, monosustituido o disustituido seleccionado entre naftilo, fenilo, furanilo y tienilo, en el que cada sustituyente se selecciona independientemente en cada ocasión entre alquilo C₁-C₁₂, alcoxi C₁-C₁₂ y halógeno;

20 (ix) -C(O)X₂₄, en el que X₂₄ se elige entre un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior, hidroxilo, alquilo C₁-C₁₂, alcoxi C₁-C₁₂, fenilo que está sin sustituir o monosustituido con alquilo C₁-C₁₂ o alcoxi C₁-C₁₂, amino que está sin sustituir, monosustituido o disustituido con al menos uno de alquilo C₁-C₁₂, fenilo, bencilo y naftilo;

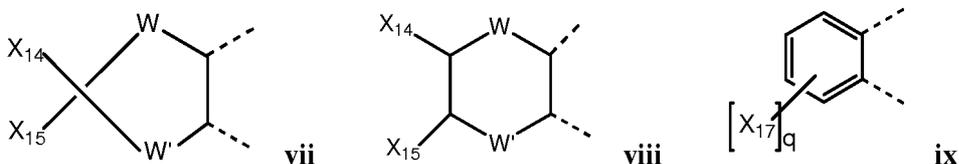
(x) -OX₇ y -N(X₇)₂, en el que X₇ es como se ha expuesto anteriormente;

(xi) -SX₁₁, en el que es como se ha expuesto anteriormente;

(xii) el anillo que contiene el nitrógeno representado por la Fórmula iv, que se ha expuesto anteriormente;

(xiii) el grupo representado por una de las Fórmulas v o vi, que se han expuesto anteriormente; y

25 (xiv) grupos R¹ inmediatamente adyacentes junto a un grupo representado por una de las Fórmulas vii, viii y ix:



en la que

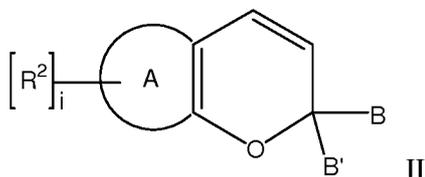
30 (A) W y W' se seleccionan independientemente en cada ocasión entre -O-, -N(X₇)-, -C(X₁₄)-, -C(X₁₇)-, (en el que X₇, X₁₄, y X₁₇ son como se ha expuesto anteriormente),

(B) X₁₄, X₁₅ y X₁₇ son como se ha expuesto anteriormente y

(C) q un número entero seleccionado entre 0, 1, 2, 3 y 4.

35

De acuerdo con una realización no limitante, el compuesto fotocromico-dicroico puede ser un pirano fotocromico que está representado por la Fórmula II:



40

en la que A es un anillo aromático o un anillo aromático condensado seleccionado entre: nafto, benzo, fenantro, fluoranteno, anteno, quinolino, tieno, furo, indolo, indolino, indeno, benzofuro, benzotieno, tiofeno, nafto condensado con indeno, nafto condensado con heterociclo y benzo condensado con heterociclo; y B y B' pueden seleccionarse cada uno independientemente entre:

45

(i) hidrógeno, alquilo C₁-C₁₂, alquilideno C₂-C₁₂, alquilidino C₂-C₁₂, vinilo, cicloalquilo C₃-C₇, haloalquilo C₁-C₁₂, alilo, halógeno y bencilo que está sin sustituir o monosustituido con al menos uno de alquilo C₁-C₁₂ y alcoxi C₁-C₁₂;

50

(ii) fenilo que está monosustituido en la posición *para* con al menos un sustituyente seleccionado entre: alcoxi C₁-C₇, alquilenos C₁-C₂₀ de cadena lineal o ramificada, polioxialquilenos C₁-C₄ de cadena lineal o ramificada, alquilenos C₃-C₂₀ cíclicos, fenileno, naftileno, fenileno sustituido con alquilo C₁-C₄, mono o poliuretano de alquilenos (C₁-C₂₀),

mono o poliéster de alquileo (C_1-C_{20}), mono o policarbonato de alquileo (C_1-C_{20}), polisilanileno, polisiloxanileno y mezclas de los mismos, en los que el al menos un sustituyente está conectado con un grupo arilo de un material fotocromico;

(iii) $-CH(CN)_2$ y $-CH(COOX_1)_2$, en el que X_1 es como se ha expuesto anteriormente;

(iv) $-CH(X_2)(X_3)$, en el que X_2 y X_3 son como se ha expuesto anteriormente;

(v) un grupo arilo no sustituido, monosustituido, disustituido o trisustituido, tales como fenilo, naftilo, fenantrilo o pirenilo; 9-julolidinilo; o un grupo heteroaromático no sustituido, monosustituido o disustituido seleccionado entre piridilo, furanilo, benzofuran-2-ilo, benzofuran-3-ilo, tienilo, benzotien-2-ilo, benzotien-3-ilo, dibenzofuranilo, dibenzotienilo, carbazoilo, benzopiridilo, indolinilo y fluorenilo; en el que los sustituyentes se seleccionan independientemente en cada ocasión entre:

(A) un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior;

(B) $-C(O)X_6$, en el que X_6 es como se ha expuesto anteriormente;

(C) arilo, haloarilo, cicloalquilarilo C_3-C_7 y un grupo arilo que está monosustituido o disustituido con alquilo C_1-C_{12} o alcoxi C_1-C_{12} ;

(D) alquilo C_1-C_{12} , cicloalquilo C_3-C_7 , cicloalquilo C_3-C_7 alquilo (C_1-C_{12}), arilalquilo (C_1-C_{12}), ariloxialquilo (C_1-C_{12}), mono o dialquilaril (C_1-C_{12})alquilo (C_1-C_{12}), mono o dialcoxiaril (C_1-C_{12})alquilo (C_1-C_{12}), haloalquilo y monoalcoxi (C_1-C_{12})alquilo (C_1-C_{12});

(E) alcoxi C_1-C_{12} , cicloalcoxi C_3-C_7 , cicloalquiloalcoxi (C_1-C_{12}); arilalcoxi (C_1-C_{12}), ariloxialcoxi (C_1-C_{12}), mono o dialquilaril (C_1-C_{12})alcoxi (C_1-C_{12}) y mono o dialcoxiaril (C_1-C_{12})alcoxi (C_1-C_{12});

(F) amido, amino, mono o dialquilamino, diarilamino, piperazino, N-alquilpiperazino (C_1-C_{12}), N-arilpiperazino, aziridino, indolino, piperidino, morfolino, tiomorfolino, tetrahidroquinolino, tetrahidroisoquinolino, pirrolidilo, hidroxilo, acriloxilo, metacriloxilo y halógeno;

(G) $-OX_7$ y $-N(X_7)_2$, en el que X_7 es como se ha expuesto anteriormente;

(H) $-SX_{11}$, en el que es como se ha expuesto anteriormente;

(I) el nitrógeno que contiene un anillo representado por la Fórmula i, que se ha expuesto anteriormente; y

(J) el grupo representado por una de las Fórmulas ii o iii, que se han expuesto anteriormente;

(vi) un grupo no sustituido o monosustituido seleccionado entre pirazolilo, imidazolilo, pirazolinilo, imidazolinilo, pirrolidinilo, fenotiazinilo, fenoxazinilo, fenazinilo y acridinilo, en el que cada sustituyente se selecciona independientemente entre un agente de alargamiento L, alquilo C_1-C_{12} , alcoxi C_1-C_{12} , fenilo, hidroxilo, amino o halógeno;

(vii) el grupo representado por una de las Fórmulas iv o v, que se han expuesto anteriormente; y

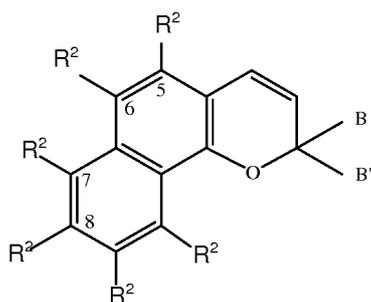
(viii) el grupo representado por la Fórmula vi, que se ha expuesto anteriormente.

Como alternativa, B y B' juntos pueden formar: (a) un fluoren-9-ilideno no sustituido, monosustituido o disustituido, en el que cada uno de dichos sustituyentes de fluoren-9-ilideno se seleccionan entre alquilo C_1-C_4 , alcoxi C_1-C_4 , flúor y cloro; (b) un anillo hidrocarbano espiro monocíclico C_3-C_{12} saturado, por ejemplo, ciclopropilideno, ciclobutilideno, ciclopentilideno, ciclohexilideno, cicloheptilideno, ciclooctilideno, ciclonoilideno, ciclodecilideno, cicloundecilideno, ciclododecilideno; (c) un anillo hidrocarbano espiro bicíclico C_7-C_{12} saturado, por ejemplo, biciclo[2.2.1]heptilideno, es decir, norbornilideno, 1,7,7-trimetil biciclo[2.2.1]heptilideno, es decir, bornilideno, biciclo[3.2.1]octilideno, biciclo[3.3.1]nonan-9-ilideno, biciclo[4.3.2]undecano; o (d) un anillo de hidrocarbano espiro tricíclico C_7-C_{12} saturado, por ejemplo, triciclo[2.2.1.0^{2,6}]heptilideno, triciclo[3.3.1.1^{3,7}]decilideno, es decir, adamantilideno y triciclo[5.3.1.1^{2,6}]dodecilideno. Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes analizadas con más detalle a continuación, B y B' juntos pueden formar indolino o benzoindolino que está sin sustituir o sustituido con al menos un grupo representado por R².

Haciendo referencia de nuevo a la Fórmula II, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, "i" puede ser un número entero seleccionado entre 0 y el total de posiciones disponibles en A y cada R² puede seleccionarse independientemente en cada ocasión entre: (i) un agente de alargamiento L representado por la fórmula I (anterior) y (ii) un grupo representado por R¹ (anterior); a condición de que el compuesto fotocromico-dicroico representado por la Fórmula II comprende al menos un agente de alargamiento (L) representado por la fórmula I anterior.

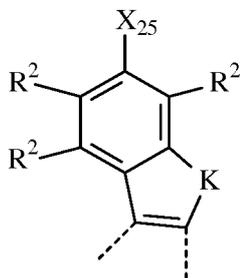
Por lo tanto, por ejemplo, en la Fórmula II, "i" puede ser al menos 1 y al menos uno de los grupos R² puede ser un agente de alargamiento L. Además o como alternativa, el compuesto fotocromico-dicroico puede comprender al menos un grupo R², al menos un grupo B o al menos un grupo B', que está sustituido con un agente de alargamiento L. Por tanto, por ejemplo, y sin limitación, L puede unirse directamente al grupo pirano, por ejemplo, en el que i es al menos 1 y R² es L o puede unirse directamente al grupo pirano, por ejemplo, como un sustituyente en un R², un grupo B' o B, de manera que L extiende el grupo pirano en un estado activado de manera que la relación de absorción del compuesto fotocromico se aumenta en comparación con el grupo pirano sin extender. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el grupo B o B' puede ser un grupo fenilo que está monosustituido con un agente de alargamiento L.

Por ejemplo, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, el compuesto fotocromico-dicroico puede ser un nafto[1,2-b]pirano representado por la Fórmula III:

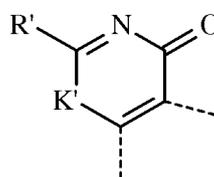


III

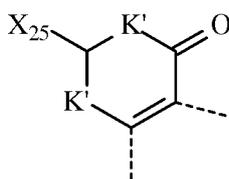
- 5 en el que: (a) al menos uno de: el sustituyente R^2 en la posición 6, el sustituyente R^2 en la posición 8, B y B' comprende un agente de alargamiento L; (b) el sustituyente R^2 en la posición 6 junto con el sustituyente R^2 en la posición 5 forma un grupo representado por uno de Fórmula x a la Fórmula xiv:



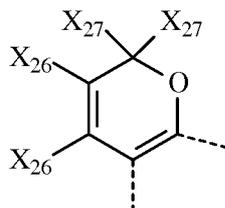
x



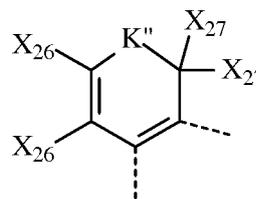
xi



xii

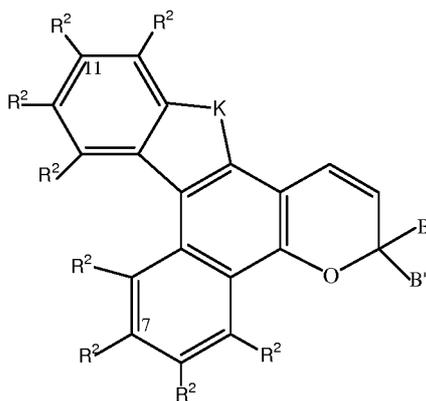


xiii



xiv

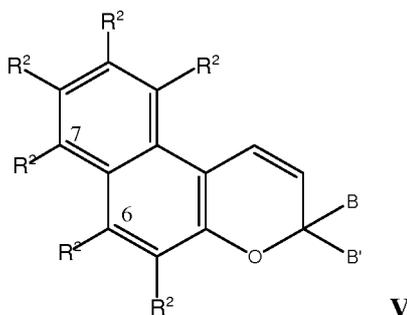
- 10 en las que K se selecciona entre -O-, -S-, -N(X₇)-; y un C no sustituido o un C sustituido con alquilo, hidroxilo, alcoxi, oxo o arilo; K' es -C-, -O- o -N(X₇)-; K'' se selecciona entre -O- o -N(X₇)-; X₂₅ es un grupo representado por R² (el cual se ha expuesto anteriormente con detalle); X₂₆ puede seleccionarse entre hidrógeno, alquilo, arilo o formar juntos benzo o nafto; y cada X₂₇ se selecciona entre alquilo y arilo o juntos son oxo; siempre que al menos uno de: el sustituyente R² en la posición 8, X₂₅, K, K', K'', B o B' comprenda un agente de alargamiento L; o (c) el sustituyente R² en la posición 6 junto con el sustituyente R² en la posición 7 forman un grupo aromático seleccionado entre benceno y nafto, siempre que al menos uno de: el sustituyente R² en la posición 8, B y B' comprenda un agente de alargamiento L.
- 20 Además, de acuerdo con otras realizaciones no limitantes, el compuesto fotocromico-dicroico puede ser un nafto[1,2-b]pirano condensado con indeno representado por la Fórmula IV:



IV

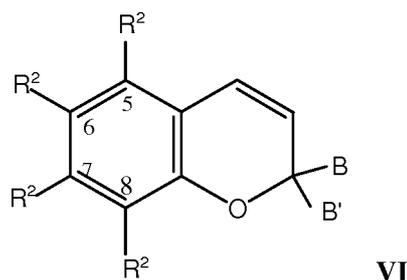
en el que K es como se ha expuesto anteriormente y al menos uno de: el sustituyente R^2 en la posición 11, el sustituyente R^2 en la posición 7, K, B y B' comprende un agente de alargamiento L. Además, de acuerdo con una realización específica no limitante, al menos entre: el sustituyente R^2 en la posición 11 y el sustituyente R^2 en la posición 7 es un agente de alargamiento L.

- 5 De acuerdo con otras realizaciones no limitantes, el compuesto fotocromico-dicroico puede ser un nafto[2,1-b]pirano representado por la Fórmula V:



- 10 en el que al menos uno de: el sustituyente R^2 en la posición 6, el sustituyente R^2 en la posición 7, B y B' comprende un agente de alargamiento L. Más específicamente, de acuerdo con una realización no limitante, al menos uno de: el sustituyente R^2 en la posición 6 y el sustituyente R^2 en la posición 7 es un agente de alargamiento L.

- 15 Además, de acuerdo con otras realizaciones no limitantes más, el compuesto fotocromico-dicroico puede ser un benzopirano que comprende una estructura representada por la Fórmula VI:

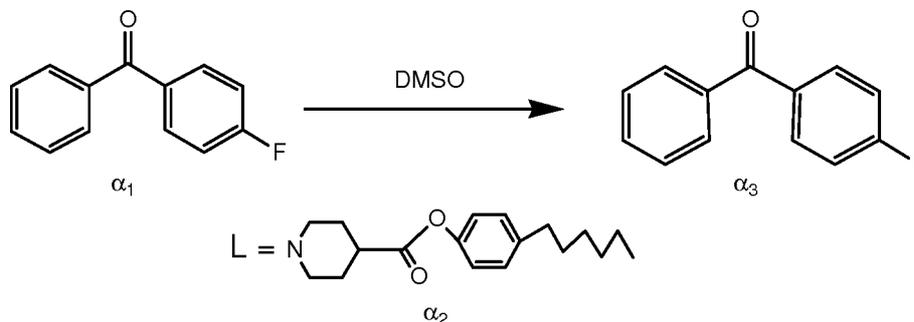


- 20 en la que: (a) al menos uno de: el sustituyente R^2 en la posición 5, el sustituyente R^2 en la posición 7, B o B' comprenda un agente de alargamiento L; o (b) al menos uno de: el sustituyente R en la posición 5 y el sustituyente R^2 en la posición 7, junto con un sustituyente R^2 inmediatamente adyacente, (es decir, el sustituyente R^2 en la posición 7 junto con un sustituyente R^2 en las posiciones 6 u 8 o el sustituyente R^2 en la posición 5 junto con un sustituyente R en la posición 6) forma un grupo representado por la Fórmula x a xiv (expuestas anteriormente),
 25 siempre que solamente uno del sustituyente R^2 en la posición 5 y el sustituyente R^2 en la posición 7 se una al sustituyente R^2 en la posición 6 y siempre que al menos uno de: el sustituyente R^2 en la posición 5, el sustituyente R^2 en la posición 7, X_{25} , K, K', K'', B o B' comprenda un agente de alargamiento L.

- 30 En la secuencia de reacción A a continuación se representa una secuencia de reacción general para formar compuestos fotocromicos-dicroicos que se pueden usar en diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento y que se representan generalmente por la Fórmula II anterior.

Secuencia de reacción A

Parte 1:



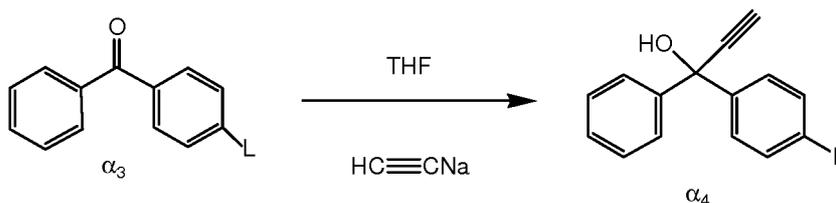
5

En la Secuencia de reacción A, Parte de 1,4-fluorobenzofenona, que está representada por la Fórmula α_1 , puede hacerse reaccionar en atmósfera de nitrógeno en el disolvente dimetilsulfóxido anhidro (DMSO) con un agente de alargamiento L representado por la Fórmula α_2 , para formar una cetona sustituida con L representada por la Fórmula α_3 . Los expertos en la materia apreciarán que la 4-fluorobenzofenona puede comprarse o prepararse mediante los procedimientos de Friedel-Crafts conocidos en la técnica. Por ejemplo, véase la publicación Friedel-Crafts and Related Reactions, George A. Olah, Interscience Publishers, 1964, Vol. 3, capítulo XXXI (Aromatic Ketone Synthesis) y "Regioselective Friedel-Crafts Acylation of 1,2,3,4-Tetrahydroquinoline and Related Nitrogen Heterocycles: Effect on NH Protective Groups and Ring Size" por Ishihara, Yugi et al, J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1, páginas 3401 a 3406, 1992.

10

15

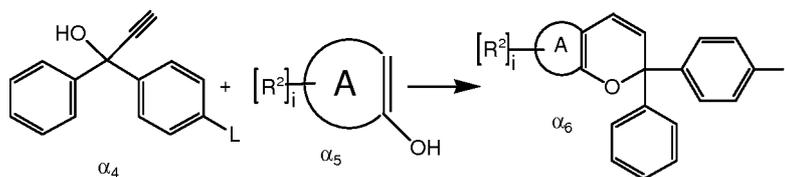
Parte 2:



20

Como se representa en la Parte 2 de la Secuencia de reacción A, la cetona sustituida con L representada por la Fórmula α_3 puede hacerse reaccionar con acetilida sódica en un disolvente adecuado, tal como, pero sin limitación, tetrahidrofurano anhidro (THF), para formar el correspondiente alcohol propargílico (representado por la Fórmula α_4).

25 Parte 3:



30

35

En la Parte 3 de la Secuencia de reacción A, el alcohol propargílico representado por la Fórmula α_4 puede acoplarse con un grupo A hidroxisustituido (representado por la Fórmula α_5) para formar el pirano fotocromico representado por la Fórmula α_6 de acuerdo con una realización no limitante desvelada en el presente documento. Opcionalmente, el grupo A puede sustituirse con uno o más grupos R^2 , cada uno de los cuales puede comprender un agente de alargamiento L que es igual o diferente a los restantes sustituyentes L. Los ejemplos no limitantes de grupos R^2 y A que son adecuados para su uso junto con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento se han expuesto anteriormente en detalle. Los ejemplos no limitantes de las secuencias de reacción generales para formar grupos A hidroxilados que están sustituidos con al menos un agente de alargamiento L, se muestran a continuación en las Secuencias de reacción B, C y D.

40

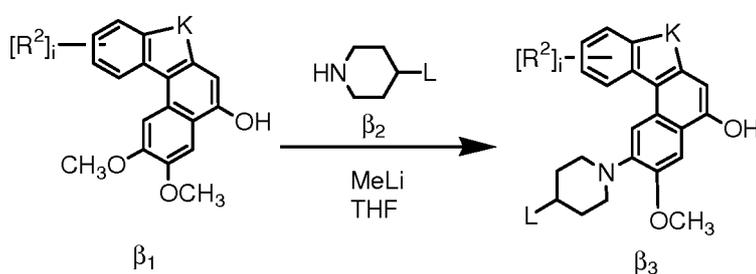
Aunque la secuencia de reacción A representa una secuencia de reacción general para formar un compuesto fotocromico representado por la fórmula II y que tiene grupos B y B' seleccionados entre fenilo L sustituido y fenilo, los expertos en la técnica apreciarán que los compuestos fotocromicos generalmente representados por la fórmula II y que tiene grupos B y B' distintos a los que se muestran en la Fórmula α_6 anterior y que, opcionalmente, puede ser sustituido con uno o más grupos L o uno o más grupos R^2 que comprenden L, pueden prepararse a partir de cetonas

disponibles comercialmente o mediante la reacción de un haluro de acilo con un material sustituido o no sustituido, tal como naftaleno o un compuesto heteroaromático. Ejemplos no limitantes de grupos sustituyentes B y B' que son adecuados para su uso junto con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento se han expuesto anteriormente con detalle.

5 Las secuencias de reacción B, C y D representan tres secuencias de reacción generales distintas para formar grupos A hidroxilados que están sustituidos con al menos un agente de alargamiento L, que pueden usarse en la formación de piranos fotocromicos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, como se ha tratado anteriormente en la Secuencia de reacción A, el grupo A hidroxilado sustituido con L puede acoplarse con alcohol propargílico para formar un pirano fotocromico de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento. Además, tal como se ha tratado anteriormente, opcionalmente, el grupo A también puede sustituirse con uno o más grupos R² adicionales, comprendiendo cada uno de ellos un agente de alargamiento L que es igual o diferente para los L restantes.

15

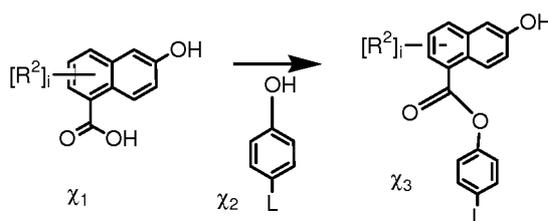
Secuencia de reacción B



20 En la Secuencia de reacción B, el grupo A hidroxilado representado por la Fórmula β_1 se hace reaccionar con la piperidina sustituida con L representada por la Fórmula β_2 en presencia de un alquilio, tal como, pero sin limitación, metilto (MeLi), en tetrahidrofurano anhidro para producir el grupo R² L sustituido unido al grupo A hidroxilado representado por la Fórmula β_3 . Además, tal como se ha indicado anteriormente, el grupo A también puede sustituirse con uno o más grupos R² adicionales, cada uno de los cuales también puede comprender un agente de alargamiento L que es igual o diferente para los L restantes. Además, K puede seleccionarse entre -O-, -S-, -N(X₇)- o carbono que está sustituido o sin sustituir. Por ejemplo, K puede ser un carbono que está disustituido con metilo o puede sustituirse con un grupo etilo y un grupo hidroxilo.

25

Secuencia de reacción C

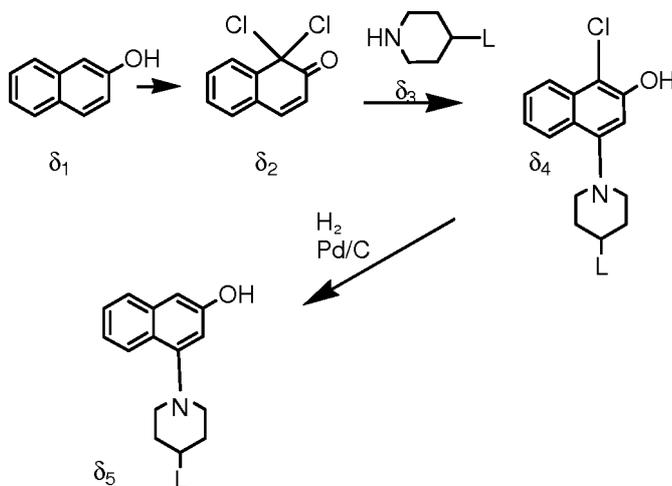


30 En la Secuencia de reacción C, el grupo A hidroxilado sustituido con R² representado por la Fórmula X₁ se hace reaccionar con el fenol sustituido con L representado por la Fórmula X₂ en una reacción de esterificación en presencia de dicitohexilcarbodiimida en cloruro de metileno para producir el grupo R² sustituido con L unido al grupo A hidroxilado representado por la Fórmula X₃. Además, como se indica en la Secuencia de reacción C, el grupo representado por la Fórmula X₃ opcionalmente puede sustituirse con uno o más grupos R² adicionales, cada uno de los cuales también puede comprender un agente de alargamiento L que es igual o diferente para los L restantes.

35

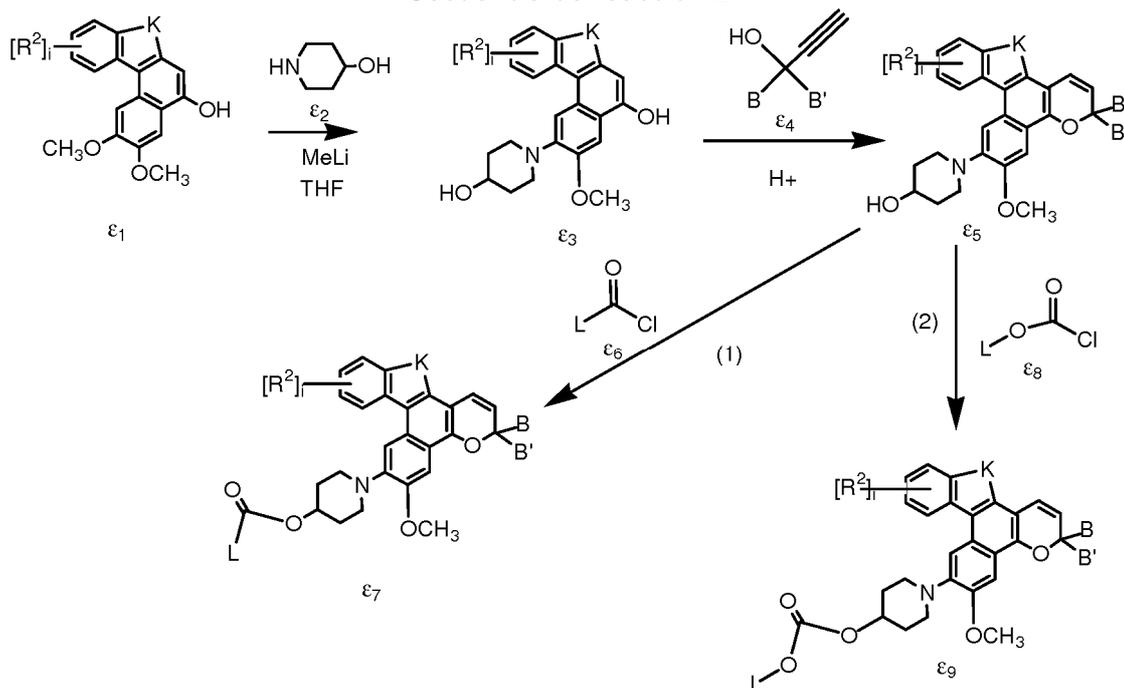
40 En la Secuencia de reacción D (a continuación), el naftol hidroxilado sustituido representado por la Fórmula δ_1 se hace reaccionar con cloro para formar el compuesto representado por la Fórmula δ_2 . El compuesto representado por la Fórmula δ_2 se hace reaccionar con la piperidina L sustituida representada por la Fórmula δ_3 para formar el material representado por la Fórmula δ_4 . El material representado por la Fórmula δ_4 se reduce en una atmósfera de hidrógeno con un catalizador de paladio sobre carbono para formar el grupo R² sustituido con L unido al grupo A hidroxilado representado por la Fórmula δ_5 .

Secuencia de reacción D



5 Las Secuencias de reacción E y F muestran dos procedimientos diferentes de formación de un naftopirano sustituido con un agente de alargamiento L para formar un naftopirano fotocromico de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento.

Secuencia de reacción E

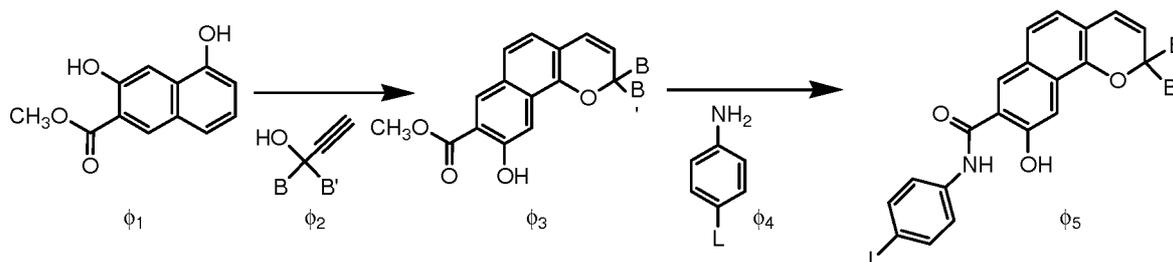


10 En la Secuencia de reacción E, el grupo A sustituido con hidroxi representado por la Fórmula ϵ_1 , que está
 opcionalmente sustituido con al menos un grupo R^2 , se hace reaccionar con la piperidina sustituida con hidroxi
 representada por la Fórmula ϵ_2 en presencia de un alquilio, tal como, pero sin limitación, metilio (MeLi), en
 15 tetrahidrofurano anhidro para producir el 4-hidroxi piperidinilo unido al grupo A hidroxilado representado por la
 Fórmula ϵ_3 . El compuesto representado por la Fórmula ϵ_3 se acopla después con el alcohol propargílico
 representado por la Fórmula ϵ_4 para formar el 4-hidroxi piperidinilo unido al naftopirano condensado con indeno
 representado por la Fórmula ϵ_5 . El naftopirano representado por la Fórmula ϵ_5 puede además hacerse reaccionar, tal
 como se indica por la ruta (1) Secuencia de reacción E, en una reacción de acetilación usando una amina terciaria,
 tal como, pero sin limitación, trietilamina, en un disolvente, tal como, pero sin limitación, cloruro de metileno,
 20 con el compuesto sustituido con L representado por la Fórmula ϵ_6 para producir el piperidinilo sustituido con L unido al
 naftopirano condensado con indeno de acuerdo con una realización no limitante desvelada en el presente
 documento y representada por la Fórmula ϵ_7 . Como alternativa, tal como se indica por la ruta (2), el naftopirano
 representado por la Fórmula ϵ_5 puede hacerse reaccionar con el compuesto sustituido con L representado por la
 Fórmula ϵ_8 para producir el piperidinilo L sustituido unido al naftopirano condensado con indeno de acuerdo con una

realización no limitante desvelada en el presente documento y representada por la Fórmula ϵ_9 . Además, tal como se ha indicado en la Secuencia de reacción E, el piperidinilo sustituido con L unido a los naftopiranos condensados con indeno representados por la Fórmula ϵ_7 y la Fórmula ϵ_9 opcionalmente pueden sustituirse con uno o más grupos R^2 adicionales, cada uno de los cuales puede comprender un agente de alargamiento L que es igual o diferente a los L restantes.

En la Secuencia de reacción F (a continuación), el grupo A hidroxilado representado por la Fórmula Φ_1 se acopla con el alcohol propargílico representado por la Fórmula Φ_2 para producir el naftopirano representado por la Fórmula Φ_3 . El naftopirano de Fórmula Φ_3 se hace reaccionar después con la fenilamina sustituida con L de Fórmula Φ_4 para producir la fenilamina sustituida con L unida al naftopirano representado por la Fórmula Φ_5 de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento. Los ejemplos no limitantes de grupos sustituyentes B y B' se han expuesto en detalle anteriormente.

Secuencia de reacción F



Aunque sin limitarse al presente documento, en el grupo A sustituido con hidroxilo representado por las Fórmulas β_1 y (que se exponen en las Secuencias de reacción B y E respectivamente), K puede ser un carbono que está disustituido con metilo para formar 2,3-dimetoxi-7,7-dimetil-7H-benzo[c]fluoren-5-ol. Los expertos en la técnica reconocerán distintos procedimientos para fabricar dicho grupo A sustituido con hidroxilo. Por ejemplo, y sin limitación, un procedimiento para formar 2,3-dimetoxi-7,7-dimetil-7H-benzo[c]fluoren-5-ol se expone en la etapa 2 del Ejemplo 9 de la patente de los Estados Unidos n.º 6.296.785, que se incorpora en el presente documento específicamente por referencia. Más específicamente, tal como se expone en la etapa 2 del Ejemplo 9 de la patente de Estados Unidos 6.2996.785, un procedimiento no limitante para formar 2,3-dimetoxi-7,7-dimetil-7H-benzo[c]fluoren-5-ol es como sigue:

En una primera etapa, se añaden 1,2-dimetoxibenceno (92,5 gramos) y una solución de cloruro de benzoilo (84,3 gramos) en 500 mililitros (ml) de cloruro de metileno a un matraz de reacción equipado con embudo de adición de sólidos en una atmósfera de nitrógeno. Se añade cloruro de aluminio anhidro sólido (89,7 gramos) a la mezcla de reacción con enfriamiento ocasional de la mezcla de reacción en un baño de hielo/agua. La mezcla de reacción se agita a temperatura ambiente durante 3 horas. La mezcla resultante se vierte en 300 ml de una mezcla 1:1 de hielo y ácido clorhídrico 1N y se agita vigorosamente durante 15 minutos. La mezcla se extrae dos veces con 100 ml de cloruro de metileno. Las capas orgánicas se combinan y se lavan con 50 ml de hidróxido sódico al 10 por ciento en peso seguido de 50 ml de agua. El disolvente de cloruro de metileno se retira por evaporación rotatoria para dar un sólido de color amarillo. La recristalización del etanol al 95 por ciento proporciona 147 gramos de agujas de color beis que tienen un punto de fusión de 103-105 °C. Se cree que el producto que tiene una estructura consistente con 3,4-dimetoxibenzofenona.

En una segunda etapa, se añade t-butoxido de potasio (62 gramos) y 90 gramos del producto de la etapa 1 anterior a un matraz de reacción que contiene 300 ml de tolueno en una atmósfera de nitrógeno. Se calienta a reflujo la mezcla y se le añade succinato de dimetilo (144,8 gramos) gota a gota durante 1 hora. La mezcla se calienta a reflujo durante 5 horas y se enfría a temperatura ambiente. Se le añaden 300 ml de agua a la mezcla de reacción y se agita vigorosamente durante 20 minutos. Se separan las capas acuosa y orgánica y la capa orgánica se extrae tres veces con porciones de 100 ml de agua. Las capas acuosas combinadas se lavan tres veces con porciones de 50 ml de cloroformo. La capa acuosa se acidifica a pH 2 con ácido clorhídrico 6N y se forma un precipitado que se elimina por filtración. Se extrae la capa acuosa con tres porciones de 100 ml de cloroformo. Los extractos orgánicos se combinan y se concentran por evaporación rotatoria. Se cree que el aceite resultante tiene una estructura consistente con una mezcla de los ácidos (E y Z) 4-(3,4-dimetoxifenil)-4-fenil-3-metoxicarbonil-3-butenoicos.

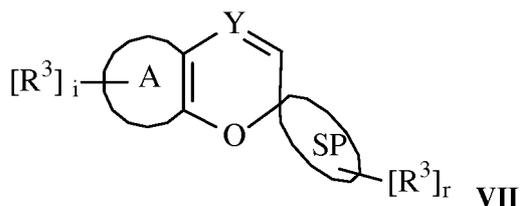
En una tercera etapa, el producto de la etapa 2 precedente (8,6 gramos), se añaden 5 ml de anhídrido acético y 50 ml de tolueno a un matraz de reacción en una atmósfera de nitrógeno. La mezcla de reacción se calienta a 110 °C durante 6 horas y se enfría a temperatura ambiente y los disolventes (tolueno y anhídrido acético) se eliminan por evaporación rotatoria. El residuo se disuelve en 300 ml de cloruro de metileno y 200 ml de agua. Se le añade carbonato sódico sólido a la mezcla bifásica hasta que cesa el burbujeo. Se separan las capas y la capa acuosa se extrae con dos porciones de 50 ml de cloruro de metileno. Las capas orgánicas se combinan y el disolvente (cloruro de metileno) se elimina por evaporación rotatoria para producir un aceite espeso de color rojo. El aceite se disuelve en metanol templado y se enfría a 0 °C durante 2 horas. Los cristales resultantes se recogen por filtración al vacío,

se lavan con metanol frío para producir 5 gramos de un producto que tiene un punto de fusión de 176-177 °C. Se cree que el producto sólido recuperado tiene una estructura consistente con una mezcla de 1-(3,4-dimetoxifenil)-2-metoxycarbonil-4-acetoxinaftaleno y 1-fenil-2-metoxycarbonil-4-acetoxi-6,7-dimetoxinaftaleno.

- 5 En una cuarta etapa, se combinan cinco (5) gramos de la mezcla del producto de la anterior Etapa 3, 5 ml de ácido clorhídrico 12 M y 30 ml de metanol en un matraz de reacción y se calientan a reflujo durante 1 hora. La mezcla de reacción se enfría y el precipitado resultante se recoge por filtración al vacío y se lava con metanol frío. El producto se purifica por filtración a través de un lecho de gel de sílice usando una mezcla 2:1 de hexano y acetato de etilo como eluyente. La concentración del filtrado por evaporación rotatoria proporciona 3 gramos de un sólido de color
10 beis que se cree que tiene una estructura consistente con 1-fenil-2-metoxycarbonil-6,7-dimetoxinaft-4-ol.

- En una quinta etapa, se carga un matraz de reacción con 2,8 gramos del producto de la anterior Etapa 4 en una atmósfera de nitrógeno. Se añade tetrahidrofurano anhidro (40 ml) al matraz. La mezcla de reacción se enfría en un
15 baño de hielo seco/acetona y se le añaden gota a gota 41 ml de una solución de cloruro de metil magnesio (1M en tetrahidrofurano) durante 15 minutos. La mezcla de reacción de color amarillo resultante se agita a 0 °C durante 2 horas y se calienta lentamente a temperatura ambiente. La mezcla de reacción se vierte en 50 ml de una mezcla de hielo/agua. Se añade éter (20 ml) y se separan las capas. La capa acuosa se extrae con dos porciones de 20 ml de éter y las porciones orgánicas se combinan y se lavan con 30 ml de agua. La capa orgánica se seca sobre sulfato de magnesio anhidro y se concentra por evaporación rotatoria. El aceite resultante se transfiere dentro de un recipiente
20 de reacción (ajustado con un purgador Dean-Stark) que contiene 50 ml de tolueno al que se añaden dos gotas de ácido dodecibenceno sulfónico. La mezcla de reacción se calienta a reflujo durante 2 horas y se enfría. El tolueno se retira mediante evaporación rotatoria para producir 2 gramos del compuesto deseado.

- De acuerdo con otra realización no limitante, el compuesto fotocromico-dicroico puede ser un espiro-pirano o espiro-oxazina fotocromicos que están representados por la Fórmula VII:

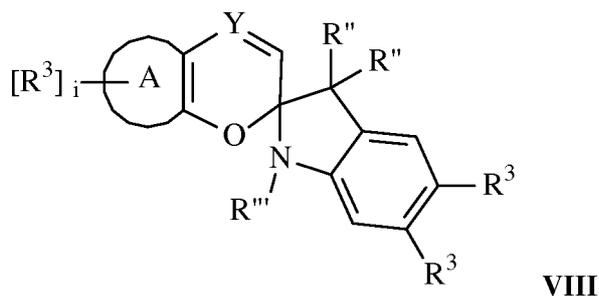


en la que:

- 30 (a) A se selecciona entre nafto, benzo, fenantro, fluoranteno, anteno, quinolino, tieno, furo, indolo, indolino, indeno, benzofuro, benzotieno, tiofeno, nafto condensado con indeno, nafto condensado con heterociclo y benzo condensado con heterociclo;
- (b) Y es C o N;
- 35 (c) SP es un grupo espiro seleccionado entre indolino y bencindolino; y
- (d) i es un número entero seleccionado entre 0 y el número total de posiciones disponibles en A, r es un número entero seleccionado entre 0 y el número total de posiciones disponibles en SP, de forma que la suma de i + r sea al menos uno y cada R³ se selecciona independientemente en cada ocasión entre:
- 40 (i) un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior; y
- (ii) un grupo representado por R¹ anterior;

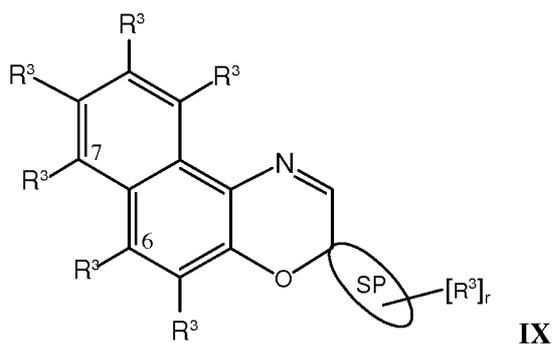
a condición de que el compuesto fotocromico-dicroico representado por la Fórmula VII comprende al menos un agente de alargamiento (L) representado por la fórmula I anterior.

- 45 Como se ha analizado anteriormente con respecto a los compuestos fotocromicos generalmente representados por la Fórmula II desvelados en el presente documento, los compuestos fotocromicos generalmente representados por la Fórmula VII pueden extenderse en cualquier posición disponible mediante sustitución con L o un grupo R³ sustituido con L, y/o en cualquier dirección deseada mediante distintas combinaciones de sustituciones de posiciones disponibles con L o grupos R³ sustituidos con L. Por lo tanto, por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, los compuestos fotocromicos generalmente representados por la Fórmula VII pueden extenderse sustituyendo el grupo SP con L o un grupo R³ sustituido con L y/o sustituyendo el grupo A con L o un grupo R³ sustituido con L para proporcionar una relación de absorción promedio deseada para el compuesto fotocromico. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, de acuerdo con determinadas
55 realizaciones no limitantes, el compuesto fotocromico-dicroico puede estar representado por la Fórmula VIII:



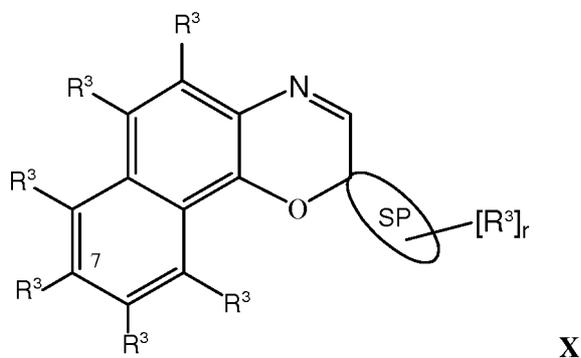
5 en la que cada R'' se selecciona independientemente en cada ocasión entre hidrógeno, un alquilo sustituido o sin sustituir, cicloalquilo, arilalquilo o juntos forman cicloalquilo que está sustituido o sin sustituir; R se selecciona entre un grupo alquilo, arilo o arilalquilo que está sin sustituir o sustituido con al menos uno de: (i) -CH(CN)₂ o -CH(COOX₁)₂; (ii) -CH(X₂)(X₃); y (iii) -C(O)X₂₄ (en el que X₁, X₂, X₃, y X₂₄ son como se ha expuesto anteriormente); y (iv) halógeno, hidroxilo, éster o amina; y en la que al menos uno de i y r es al menos 1 y al menos un R³ comprende L. Adicionalmente, de acuerdo con una realización no limitante, al menos un R³ es L. Como se ha tratado anteriormente con respecto a la Fórmula VII, Y en la Fórmula VIII puede seleccionarse entre C o N. Por ejemplo, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, Y puede ser C y el compuesto fotocromático puede ser un espiro(indolin)pirano. De acuerdo con otras realizaciones no limitantes, Y puede ser N y el compuesto fotocromático puede ser una espiro(indolin)oxazina.

15 De acuerdo con otra realización no limitante, el compuesto fotocromático-dicroico puede representarse por la Fórmula IX:



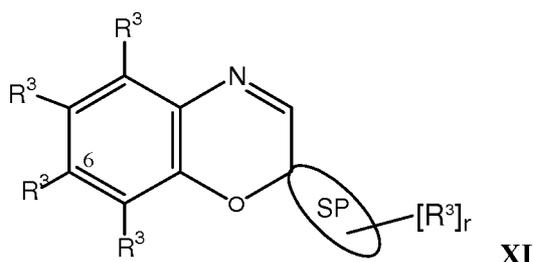
20 en el que al menos uno de: el R³ en la posición 6 o el R³ en la posición 7 comprende un agente de alargamiento L. Además, de acuerdo con una realización específica no limitante, al menos uno del grupo R³ en la posición 6 o el grupo R³ en la posición 7 de la Fórmula IX es un agente de alargamiento L.

25 De acuerdo con aún otra realización no limitante, el compuesto fotocromático-dicroico puede representarse por la Fórmula X:



30 en la que al menos el R³ en la posición 7 comprende un agente de alargamiento L. Además, de acuerdo con una realización específica no limitante, el grupo R³ en la posición 7 es un agente de alargamiento L.

De acuerdo con aún otra realización no limitante, el compuesto fotocromático-dicroico puede representarse por la Fórmula XI:

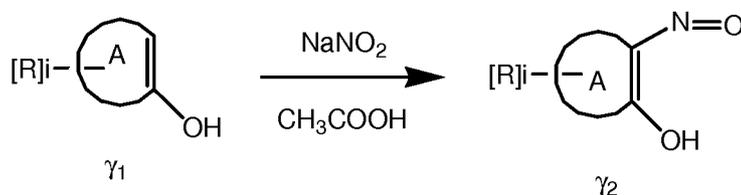


en la que al menos el grupo R³ en la posición 6 comprende un agente de alargamiento L. Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, el grupo R³ en la posición 6 es un agente de alargamiento L.

5 Una secuencia de reacción general para sintetizar compuestos fotocromicos-dicroicos que se pueden usar en diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento y que generalmente están representados por la Fórmula VII se representan a continuación en la Secuencia de reacción G.

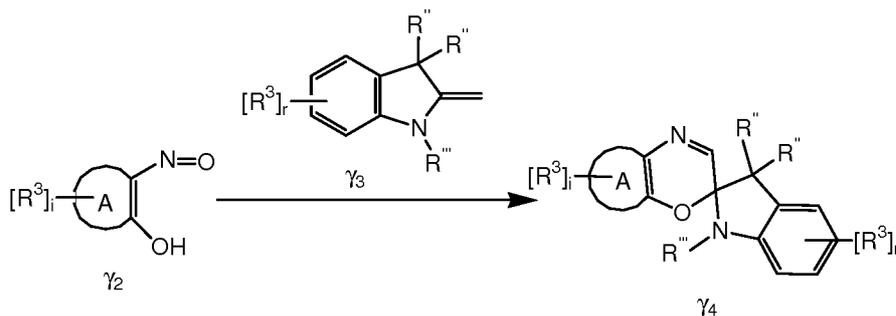
10 Secuencia de reacción G

Parte 1:



15 Secuencia de reacción G, La parte 1 representa un proceso general de nitrosación en el que el grupo A hidroxilado representado por la Fórmula γ_1 se hace reaccionar con nitrito sódico en presencia de un ácido, tal como, pero sin limitación, ácido acético, para formar el grupo A nitroso sustituido representado por la Fórmula γ_2 . Los ejemplos no limitantes adecuados de grupos A incluyen nafto, benzo, fenantro, fluoranteno, anteno, quinolino, nafto condensado con indeno, nafto condensado con heterociclo y benzo condensado con heterociclo. Opcionalmente, el grupo A puede sustituirse con uno o más grupos R³, comprendiendo cada uno de ellos un agente de alargamiento L que es igual o diferente para los L restantes.

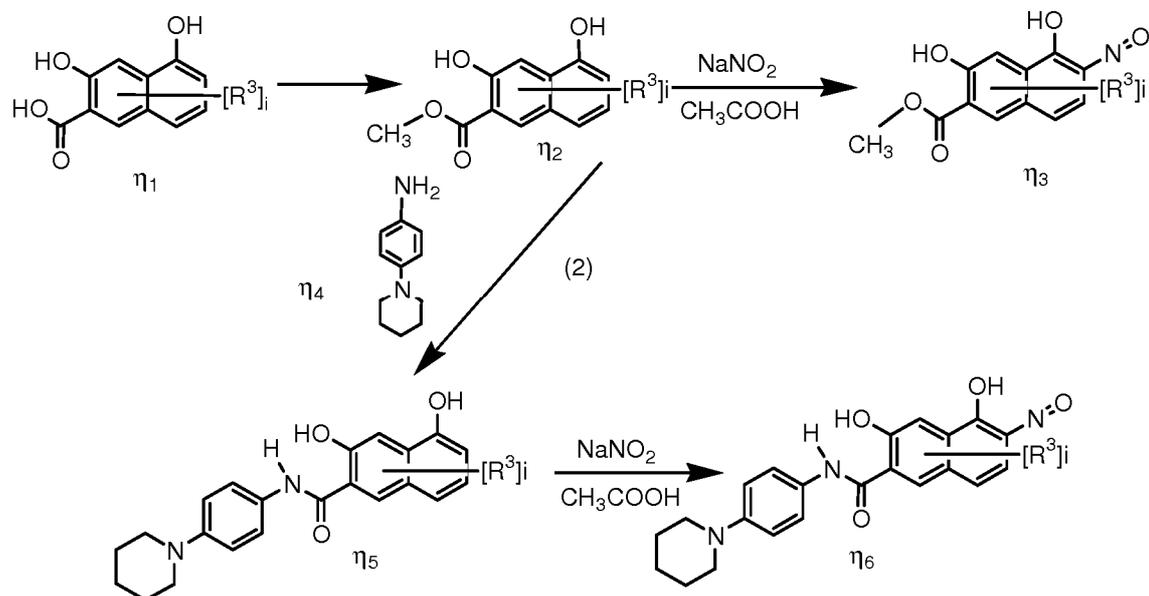
25 Parte 2:



30 En la Parte 2 de la Secuencia de reacción G, el grupo A nitroso sustituido representado por la Fórmula γ_2 se acopla con una base de Fischer representada por la Fórmula γ_3 . El acoplamiento se realiza en un disolvente, tal como, pero sin limitación, etanol absoluto y se calienta en condiciones de reflujo para producir la oxazina fotocromica representada por la Fórmula γ_4 de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento.

35 El proceso general de nitrosación mostrado en la Parte 1 de la Secuencia general G se expone más específicamente en las dos secuencias siguientes (Secuencias de reacción H e I), que generalmente representan dos procesos de síntesis de nitroso fenol para producir grupos A nitroso sustituidos, que opcionalmente pueden sustituirse con al menos un R³, que puede usarse en reacciones de acoplamiento para producir los productos de oxazina de la presente invención. Como se ilustra en la ruta (2) de las Secuencias H e I, antes de reaccionar con NaNO₂, el compuesto intermedio también puede hacerse reaccionar con uno o más reactivos diferentes para formar un agente de alargamiento L en el grupo A.

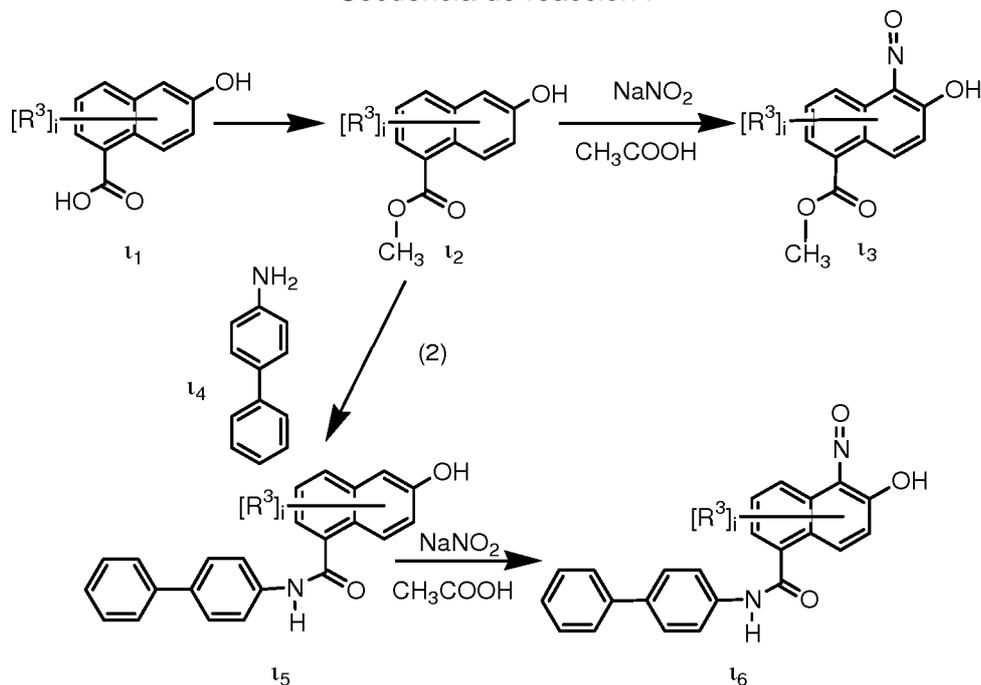
Secuencia de reacción H



Más específicamente, en la Secuencia de reacción H, el ácido carboxílico del grupo A hidroxilado representado por la Fórmula η se convierte en el éster del grupo A hidroxilado representado por la Fórmula η_2 . El éster del grupo A hidroxilado representado por la Fórmula η_2 puede hacerse reaccionar con nitrito sódico en presencia de ácido, tal como, pero sin limitación, ácido acético, para producir el grupo A nitroso sustituido de Fórmula η_3 . Como alternativa, como se muestra en la ruta (2), el éster del grupo A hidroxilado representado por la Fórmula η_2 puede hacerse reaccionar con 4-piperidinanilina (representada por la Fórmula η_4) en condiciones básicas para producir el compuesto sustituido con L representado por la Fórmula η_5 . El compuesto sustituido con L representado por la Fórmula η_5 se somete después a la reacción de nitrosación para producir el grupo A sustituido con L y nitroso representado por la Fórmula η_6 . Además, el grupo A sustituido con L y nitroso puede sustituirse con uno o más grupos R^3 , cada uno de los cuales puede comprender un agente de alargamiento L que es igual o distinto de los L restantes.

Como se ha analizado anteriormente con respecto a la Secuencia de reacción H, en la Secuencia de reacción I (a continuación) el ácido carboxílico del grupo A hidroxilado representado por la Fórmula η_1 se convierte en el éster del grupo A hidroxilado representado por la Fórmula η_2 . El éster del grupo A hidroxilado representado por la Fórmula η_2 puede hacerse reaccionar con nitrito sódico en presencia de un ácido, tal como, pero sin limitación, ácido acético, para producir el grupo A nitroso sustituido de Fórmula η_3 . Como alternativa, como se muestra en la ruta (2), el éster del grupo A hidroxilado representado por la Fórmula η_2 puede hacerse reaccionar con 4-fenil anilina (representada por la Fórmula η_4) en condiciones básicas para producir la 4-fenil anilina sustituida con L representada por la Fórmula η_5 . La 4-fenil anilina sustituida con L representada por la Fórmula η_5 se somete después a la reacción de nitrosación para producir el grupo A sustituido con L y nitroso representado por la Fórmula η_6 . Tal como se ha tratado anteriormente, los (grupos A nitroso sustituidos (sustituidos con L)), opcionalmente pueden sustituirse con uno o más grupos R^3 , cada uno de los cuales puede comprender un agente de alargamiento L que es igual o distinto de los L restantes.

Secuencia de reacción I

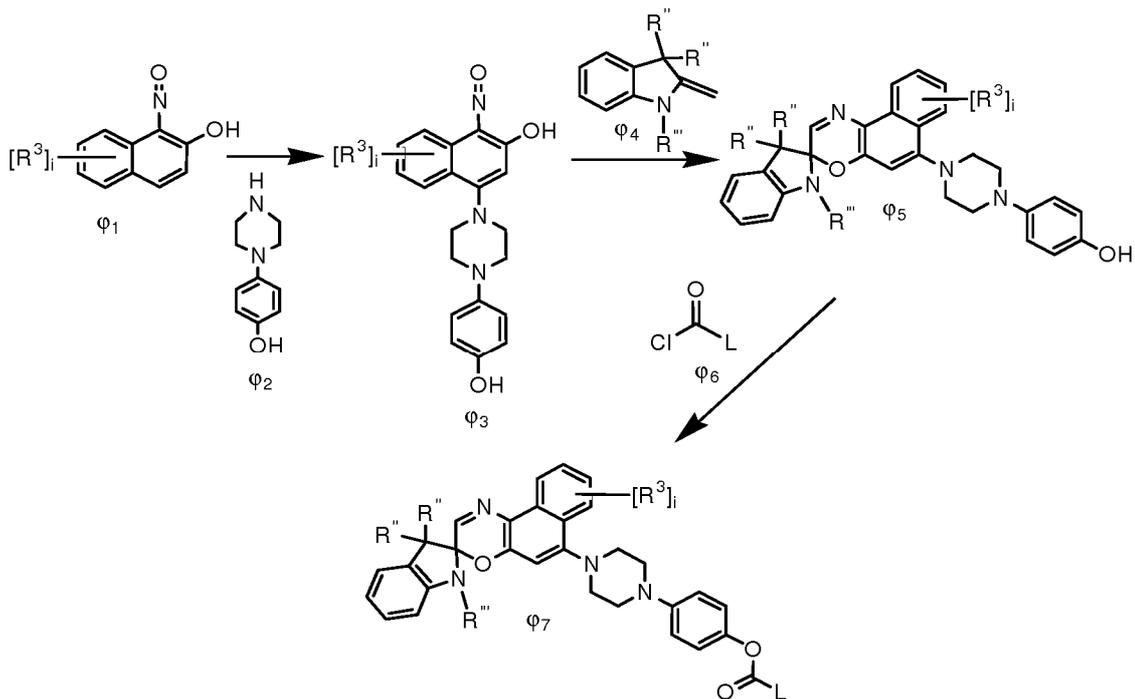


5 Las secuencias de reacción más específicas para sintetizar los compuestos fotocromicos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento se representan a continuación en las Secuencias de Reacción J y K.

10 En la Secuencia de reacción J (a continuación), un nitrosofenol representado por la Fórmula φ_1 se hace reaccionar en metanol con un agente de alargamiento L, que es piperazino fenol (representado por la Fórmula φ_2), para formar el nitrosoaftol sustituido con L representado por la Fórmula φ_3 . Como se representa en la Secuencia de reacción J, el nitrosoaftol sustituido con L puede además sustituirse con uno o más grupos R, cada uno de los cuales puede comprender un agente de alargamiento L que es igual o diferente a los restantes sustituyentes L. El nitrosoaftol sustituido con L representado por la Fórmula φ_3 después se acopla por calentamiento con la base de Fischer representada por la Fórmula φ_4 para producir la naftoxazina sustituida con L representada por la Fórmula φ_5 .

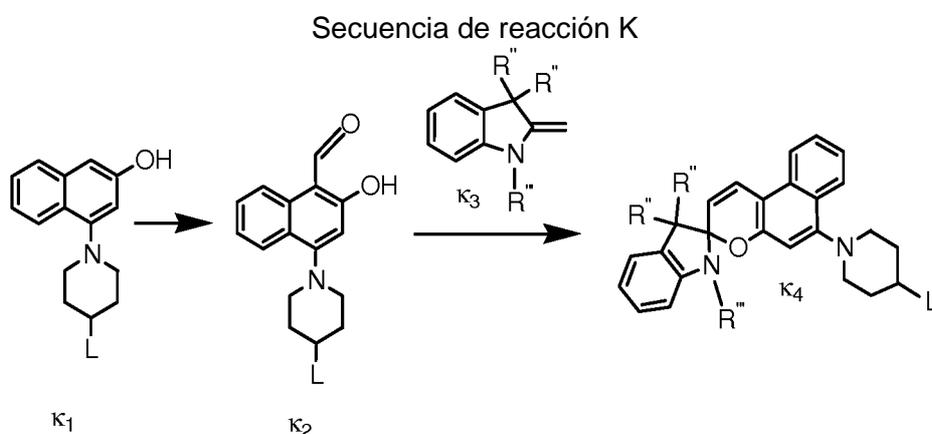
15

Secuencia de reacción J



Con referencia continuada a la Secuencia de reacción J, la naftoxazina sustituida con L representada por la Fórmula φ_5 además puede extenderse haciendo reaccionar la naftoxazina sustituida con L con otro compuesto sustituido con L representado por la Fórmula φ_6 para producir una naftoxazina representada por la Fórmula φ_7 de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento. Además, como se ha analizado anteriormente y se ha representado en la Secuencia de reacción J, la naftoxazina representada por la Fórmula φ_7 opcionalmente puede sustituirse con uno o más grupos R^3 , comprendiendo cada uno de ellos un agente de alargamiento L que es igual o diferente para los L restantes.

Como se ha ilustrado anteriormente en la Secuencia de reacción J, generalmente después del acoplamiento del nitrosfenol con la base de Fischer, la naftoxazina resultante puede además hacerse reaccionar con uno o más de otros reactivos para extender la naftoxazina con el agente de alargamiento L. Sin embargo, los expertos en la materia apreciarán que, adicionalmente o como alternativa, antes de acoplar el nitrosfenol con la base de Fischer, el nitrosfenol puede hacerse reaccionar para sustituir el nitrosfenol con uno o más de los agentes de alargamiento L (por ejemplo como se muestra en las Secuencias de reacción H e I anteriores). Además, dichos nitrosfenoles sustituidos con L pueden acoplarse con una base de Fischer para formar una naftoxazina sustituida con L como se representa generalmente en la Secuencia de reacción K, a continuación.

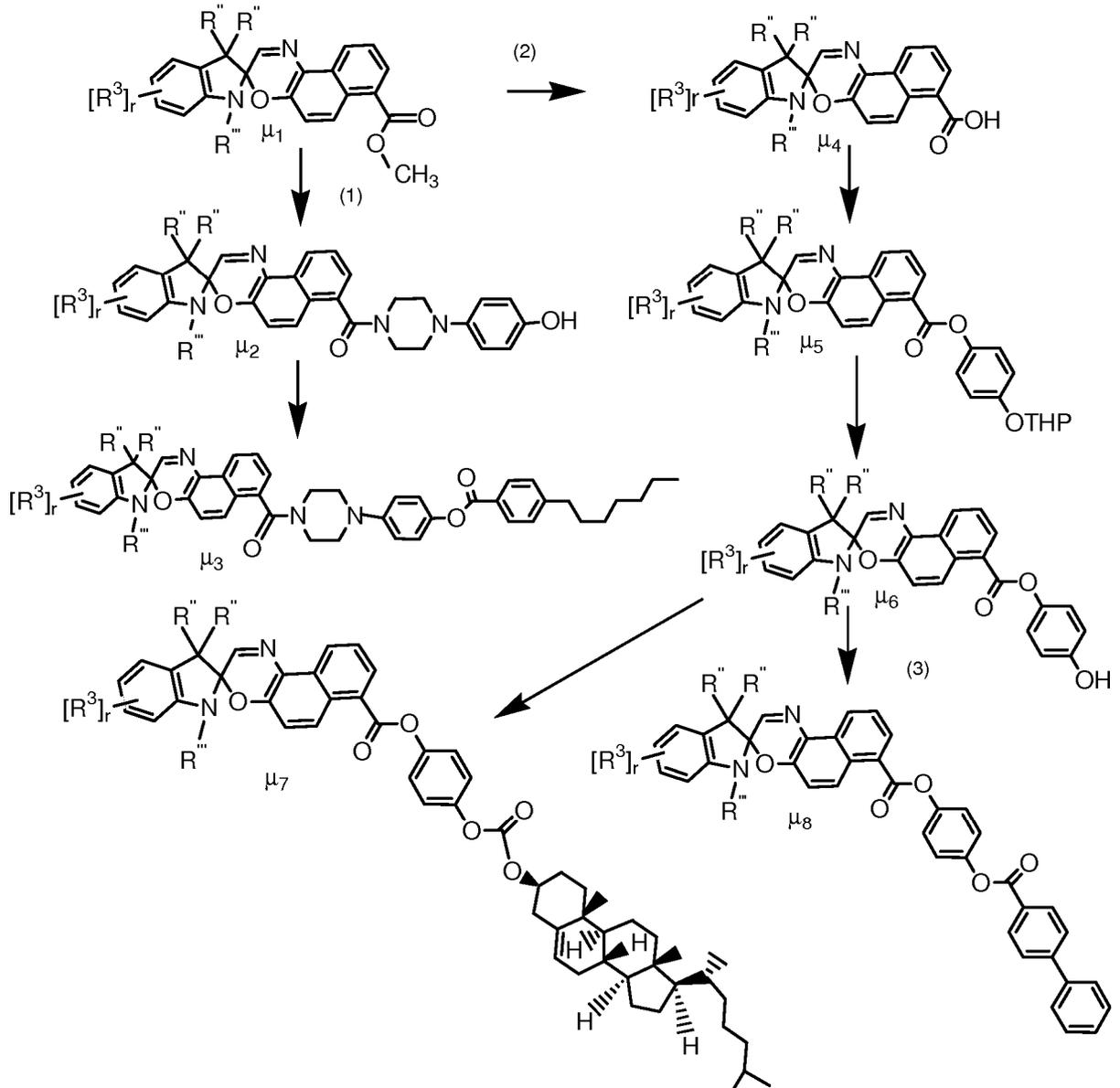


Más específicamente, en la Secuencia de reacción K, un piperidinilnaftol sustituido con L representado por la Fórmula κ_1 se hace reaccionar con trialcoximetano y se calienta para formar el naftol sustituido con L y formilo representado por la Fórmula κ_2 . El compuesto representado por la Fórmula κ_2 se hace reaccionar después con la base de Fischer (representada por la Fórmula κ_3) para producir el espironaftopirano sustituido con L representado por la Fórmula κ_4 de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento.

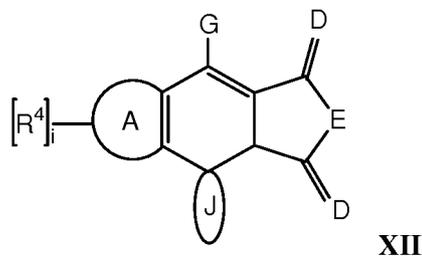
Como se ha tratado anteriormente, generalmente después de acoplar el nitrosfenol con la base de Fisher (por ejemplo como se muestra en la Secuencia de reacción J), la naftoxazina resultante puede además hacerse reaccionar con uno o más de otros reactivos para extender la naftoxazina con el agente de alargamiento L. Se proporcionan a continuación diversos ejemplos no limitantes de dicha extensión en la Secuencia de reacción generalizada M.

Más específicamente, en la Secuencia de reacción M (a continuación), representa tres rutas de adición de un agente de alargamiento L a una naftoxazina para producir las oxazinas fotocromicas de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento. En la primera ruta (1), la naftoxazina representada por la Fórmula μ_1 se hace reaccionar con hidroxifenilpiperazina para producir el material representado por la Fórmula μ_2 . El material representado por la Fórmula μ_2 se benzoíla con cloruro de hexilbenzoílo para producir el material representado por la Fórmula μ_3 . En la segunda ruta (2), el material representado por la Fórmula μ_1 se somete a hidrólisis y se convierte en el material de Fórmula μ_4 . En una reacción de esterificación con un material similar a fenol en presencia de dicitlohexilcarbodiimida en cloruro de metileno, el material representado por la Fórmula μ_4 se convierte en el material representado por la Fórmula μ_5 que tiene el grupo protector tetrahidropirano. El material representado por la Fórmula μ_5 se desprotege con una solución diluida de ácido clorhídrico en un disolvente alcohólico, tal como, pero sin limitación, etanol, para formar el material representado por la Fórmula μ_6 . El material representado por la Fórmula μ_6 se hace reaccionar con un cloroformiato de colesterol para formar el material representado por la Fórmula μ_7 . En la tercera ruta (3), el material representado por la Fórmula μ_6 se benzoíla con cloruro de 4-fenilbenzoílo para formar el material representado por la Fórmula μ_8 .

Secuencia de reacción M



5 De acuerdo con otra realización no limitante, el compuesto fotocromico-dicroico puede estar representado por la Fórmula XII:



en la que

- 10 (a) A se selecciona entre nafto, benzo, fenantro, fluoranteno, anteno, quinolino, tieno, furo, indolo, indolino, indeno, benzofuro, benzotieno, tiofeno, nafto condensado con indeno, nafto condensado con heterociclo y benzo condensado con heterociclo;
- 15 (b) J es un anillo espiro aliciclico;
- (c) cada D se selecciona independientemente entre O, N(Z), C(X₄), C(CN)₂, en los que Z se selecciona

independientemente en cada ocasión entre hidrógeno, alquilo C₁-C₆, cicloalquilo y arilo;

(d) G es un grupo seleccionado entre alquilo, cicloalquilo y arilo, que puede estar sin sustituir o sustituido con al menos un sustituyente R⁴;

(e) E es -O- o es -N(R⁵)-, en la que R⁵ se selecciona entre:

5 (i) hidrógeno, alquilo C₁-C₁₂, alqueno C₂-C₁₂, alquino C₂-C₁₂, vinilo, cicloalquilo C₃-C₇, haloalquilo C₁-C₁₂, alilo, halógeno y bencilo que está sin sustituir o monosustituido con al menos uno de alquilo C₁-C₁₂ y alcoxi C₁-C₁₂;

10 (ii) fenilo que está monosustituido en la posición *para* con al menos un sustituyente seleccionado entre: alcoxi C₁-C₇, alquileo C₁-C₂₀ de cadena lineal o ramificada, polioxialquileo C₁-C₄ de cadena lineal o ramificada, alquileo C₃-C₂₀ cíclico, fenileno, naftileno, fenileno sustituido con alquilo C₁-C₄, mono o poliuretano de alquileo (C₁-C₂₀), mono o poliéster de alquileo (C₁-C₂₀), mono o policarbonato de alquileo (C₁-C₂₀), polisilanileno, polisiloxanileno y mezclas de los mismos, en los que el al menos un sustituyente está conectado con un grupo arilo de un material fotocromico;

15 (iii) -CH(CN)₂ y -CH(COOX₁)₂, en el que X₁ es como se ha expuesto anteriormente;

(iv) -CH(X₂)(X₃), en el que X₂ y X₃ son como se ha expuesto anteriormente;

(v) un grupo arilo no sustituido, monosustituido, disustituido o trisustituido, tales como fenilo, naftilo, fenantrilo o pirenilo; 9-julolidinilo; o un grupo heteroaromático no sustituido, monosustituido o disustituido seleccionado entre piridilo, furanilo, benzofuran-2-ilo, benzofuran-3-ilo, tienilo, benzotien-2-ilo, benzotien-3-ilo, dibenzofuranilo, dibenzotienilo, carbazoilo, benzopiridilo, indolinilo y fluorenilo; en el que los sustituyentes se seleccionan independientemente en cada ocasión entre:

(A) un agente de alargamiento L representado por la fórmula I anterior;

(B) -C(O)X₆, en el que X₆ es como se ha expuesto anteriormente;

25 (C) arilo, haloarilo, cicloalquilarilo C₃-C₇ y un grupo arilo que está monosustituido o disustituido con alquilo C₁-C₁₂ o alcoxi C₁-C₁₂;

(D) alquilo C₁-C₁₂, cicloalquilo C₃-C₇, cicloalquiloxi C₃-C₇alquilo (C₁-C₁₂), arilalquilo (C₁-C₁₂), ariloxialquilo (C₁-C₁₂), mono o dialquilaril (C₁-C₁₂)alquilo (C₁-C₁₂), mono o dialcoxiaril (C₁-C₁₂)alquilo (C₁-C₁₂), haloalquilo y monoalcoxi (C₁-C₁₂)alquilo (C₁-C₁₂);

30 (E) alcoxi C₁-C₁₂, cicloalcoxi C₃-C₇, cicloalquiloalcoxi (C₁-C₁₂), arilalcoxi (C₁-C₁₂), ariloxialcoxi (C₁-C₁₂), mono o dialquilaril (C₁-C₁₂)alcoxi (C₁-C₁₂) y mono o dialcoxiaril (C₁-C₁₂)alcoxi (C₁-C₁₂);

(F) amido, amino, mono o dialquilamino, diarilamino, piperazino, N-alquilpiperazino (C₁-C₁₂), N-arilpiperazino, aziridino, indolino, piperidino, morfolino, tiomorfolino, tetrahydroquinolino, tetrahydroisoquinolino, pirrolidilo, hidroxilo, acriloxilo, metacriloxilo y halógeno;

35 (G) -OX₇ y -N(X₇)₂, en el que X₇ es como se ha expuesto anteriormente;

(H) -SX₁₁, en el que X₁₁ es como se ha expuesto anteriormente;

(I) un anillo que contiene nitrógeno representado por la Fórmula i, que se ha expuesto anteriormente; y

(J) un grupo representado por una de las Fórmulas ii o iii, que se han expuesto anteriormente;

40 (vi) un grupo no sustituido o monosustituido seleccionado entre pirazolilo, imidazolilo, pirazolinilo, imidazolinilo, pirrodilililo, fenotiazinilo, fenoxazinilo, fenazinilo o acridinilo, en el que cada sustituyente se selecciona independientemente entre un agente de alargamiento L, alquilo C₁-C₁₂, alcoxi C₁-C₁₂, fenilo, hidroxilo, amino o halógeno;

(vii) un grupo representado por una de las Fórmulas iv o v, que se han expuesto anteriormente;

45 (viii) un grupo representado por la Fórmula vi, que se ha expuesto anteriormente; y

(ix) un agente de alargamiento L representado por la fórmula I (anterior); y

(f) i es un número entero seleccionado entre 0 y el total de las posiciones disponibles de A y cada R⁴ se selecciona independientemente en cada ocasión entre:

50 (i) un agente de alargamiento L representado por la fórmula I; y

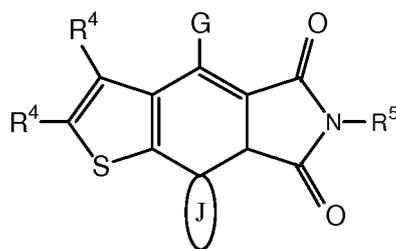
(ii) un grupo representado por R¹;

a condición de que el compuesto fotocromico-dicroico representado por la Fórmula XII comprende al menos un agente de alargamiento (L) representado por la fórmula I anterior.

55 Como se ha tratado con respecto a los compuestos fotocromicos-dicroicos expuestos anteriormente, los compuestos fotocromicos-dicroicos generalmente representados por la Fórmula XII pueden extenderse en cualquier posición disponible mediante sustitución con L o un grupo R⁴ sustituido con L, y/o en cualquier dirección deseada mediante distintas combinaciones de sustituciones de posiciones disponibles con L o grupos R⁴ sustituidos con L. Por lo tanto, por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, los fúlgidos desvelados en el presente documento pueden extenderse seleccionando al menos uno de D, G y al menos un R⁴ para ser L o un grupo sustituido con L, para aumentar la relación de absorción promedio del fúlgido en al menos el estado activado. Además, aunque de manera no limitante en el presente documento, como se trata con mayor detalle posteriormente, cuando E es N-R⁵, R⁵ puede ser L o puede ser un grupo sustituido con L. Por ejemplo, de acuerdo con una realización no limitante, el compuesto fotocromico-dicroico puede estar representado por la Fórmula XIII:

60

65



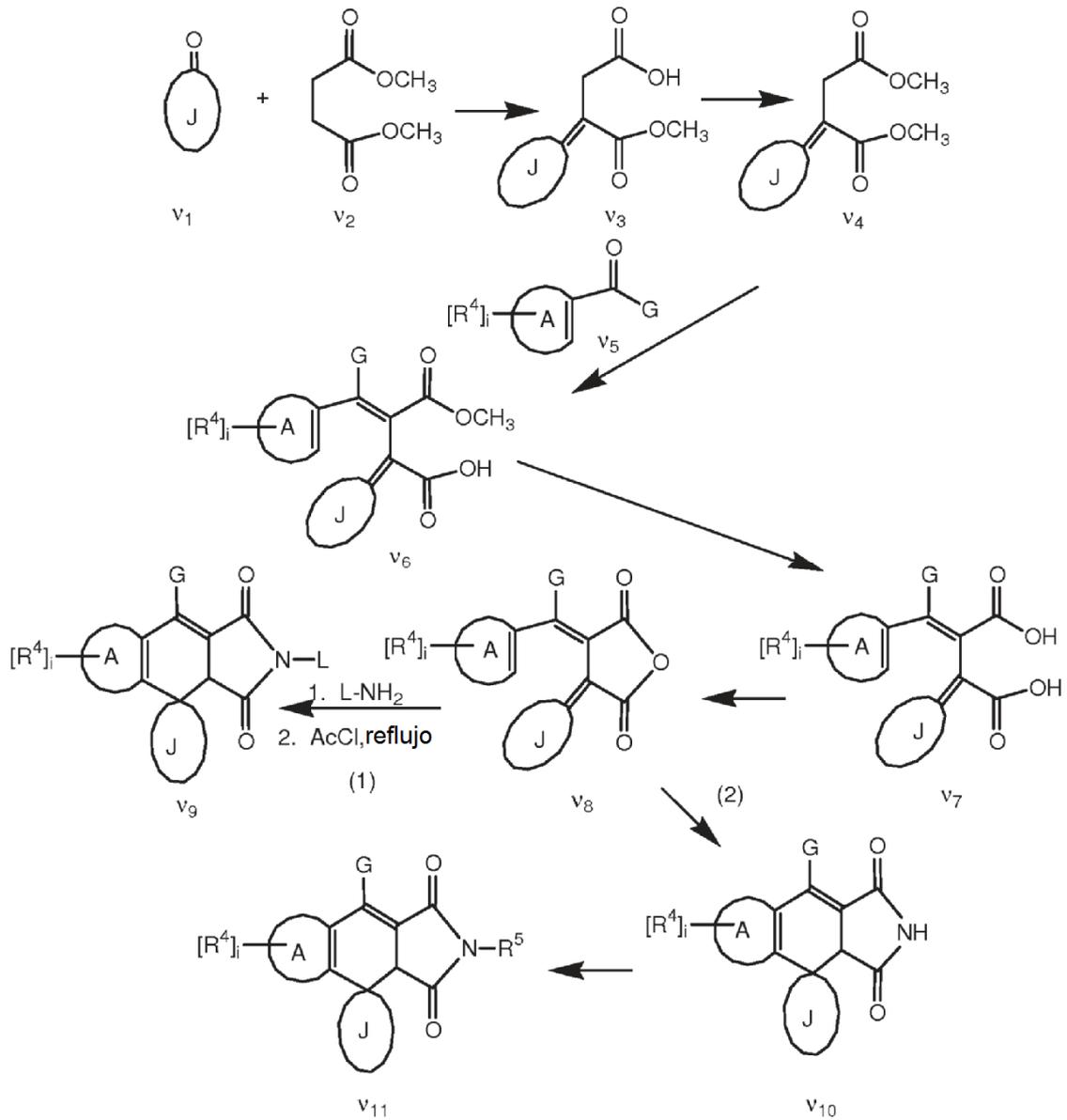
XIII

en el que al menos uno de: R^5 , G o R^4 es un agente de alargamiento L.

- 5 Una secuencia de reacción general para sintetizar compuestos fotocromicos-dicroicos que se pueden usar en diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento y que están representados por la Fórmula XII se representan a continuación en la Secuencia de reacción N. En la secuencia de reacción N (más adelante), una cetona alicíclica representada por la Fórmula v se hace reaccionar con succinato de dimetilo representado por la Fórmula v₂ en una condensación de Stobbe para producir un producto semiéster representado por la Fórmula v₃. El
- 10 producto semiéster representado por la Fórmula v₃ se esterifica para formar el producto diéster representado por la Fórmula v₄. El diéster de Fórmula v₄ se hace reaccionar con un grupo A sustituido con carbonilo representado por la Fórmula v₅ en la condensación de Stobbe para producir el material semiéster representado por la Fórmula v₆. Como se indica en la Fórmula v₅, el grupo A sustituido con carbonilo también puede sustituirse con uno o más grupos R^4 , cada uno de los cuales puede comprender un agente de alargamiento L que es igual o diferente para los restantes
- 15 sustituyentes L. El material semiéster representado por la Fórmula v₇ se hidroliza para producir el material diácido representado por la Fórmula v₇. El diácido de Fórmula v₇ se hace reaccionar con cloruro de acetilo en un disolvente de éter y/o tetrahidrofurano para formar el anhídrido representado por la Fórmula v₈.

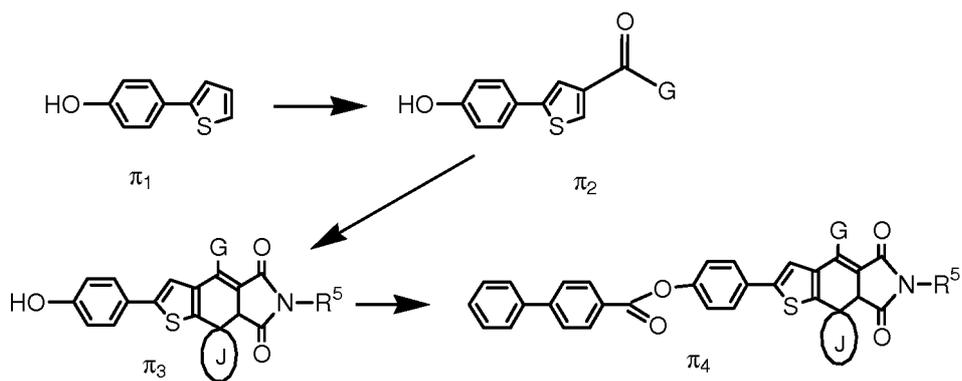
- 20 Como se muestra en la ruta (1) de la Secuencia de reacción N (a continuación), el anhídrido de Fórmula v₈ puede hacerse reaccionar un agente de alargamiento L sustituido con amino y posteriormente hacerse reaccionar con cloruro de acetilo en condiciones de reflujo para producir el compuesto de fulgimida fotocromico representado por la Fórmula v₉ de acuerdo con una realización no limitante desvelada en el presente documento. Como alternativa, como se muestra en la ruta (2), el anhídrido de Fórmula v₈ puede hacerse reaccionar con amoniaco seguido de cloruro de acetilo para producir el compuesto de fúlgido fotocromico de acuerdo con diversas realizaciones no
- 25 limitantes desveladas en el presente documento y representadas por la Fórmula v₁₀. Además, el compuesto fúlgido fotocromico de Fórmula v₁₀ también puede hacerse reaccionar con un reactivo adecuado para formar el compuesto de fúlgido fotocromico de Fórmula v₁₁ de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, en el que el nitrógeno está sustituido con un grupo R^5 . Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, el grupo R^5 puede ser un agente de alargamiento L o puede comprender un grupo sustituyente que
- 30 está sustituido con un agente de alargamiento L.

Secuencia de reacción N



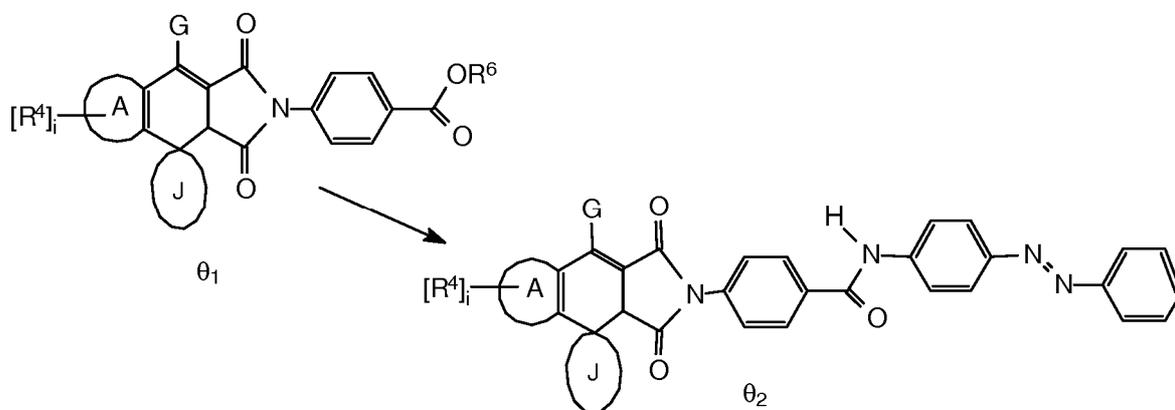
Las secuencias de reacción P, Q y T ilustran tres esquemas de reacción generales para sustituir un agente de alargamiento L en distintas localizaciones en un fúlgido.

Secuencia de reacción P



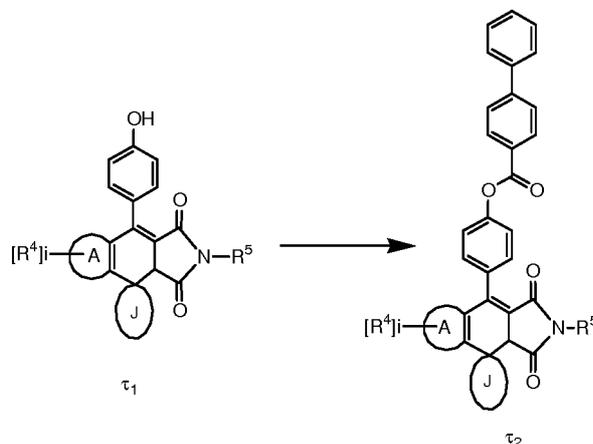
En la Secuencia de reacción P, el compuesto hidroxilado representado por la Fórmula π_1 se somete a la reacción Friedel-Crafts para formar el grupo sustituido con carbonilo representado por la Fórmula π_2 . El material representado por la Fórmula π_2 se hace reaccionar como se ha descrito anteriormente para el material representado por la Fórmula ν_5 en la Secuencia de reacción N para formar el fúlgido condensado con tiofeno sustituido con hidroxifenilo representado por la Fórmula π_3 en la Secuencia de reacción P. El fúlgido representado por la Fórmula π_3 se benzoíla con cloruro de 4-fenilbenzoílo para formar el compuesto fotocromico térmicamente reversible de acuerdo con una realización no limitante desvelada en el presente documento y representada por la Fórmula π_4 . En referencia adicional a la Fórmula XII anterior, como se muestra en la Fórmula π_4 , el grupo A es tiofeno que está sustituido con un agente de alargamiento L. Como se ha analizado anteriormente, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes (y como se muestra a continuación en la Secuencia de reacción Q), el grupo R^5 en la Fórmula π_4 puede ser un agente de alargamiento L o puede comprender otro grupo sustituyente que está sustituido con un agente de alargamiento L. Además, el grupo G también puede ser un agente de alargamiento L o puede ser otro grupo sustituyente que está sustituido con un agente de alargamiento L (por ejemplo, como se muestra más adelante en la Secuencia de reacción T).

Secuencia de reacción Q



En la Secuencia de reacción Q, el fúlgido representado por la fórmula θ_1 puede hacerse de acuerdo con la Secuencia de reacción N, con las modificaciones apropiadas que serán reconocidas por los expertos en la materia. En la Fórmula θ_1 , el grupo R^5 unido al átomo de nitrógeno es un éster de metilo del ácido *para*-amino benzoico. El éster de metilo de ácido *para*-amino benzoico se hace reaccionar después con 4-aminodiazobenceno, para formar el compuesto fotocromico térmicamente reversible representado por la Fórmula θ_2 de acuerdo con una realización no limitante desvelada en el presente documento. Como se ha tratado anteriormente, el grupo R^5 puede ser un agente de alargamiento L o puede ser otro grupo sustituyente que está sustituido con L. Además, como se ha analizado anteriormente (y como se ha representado en la Secuencia de reacción P anterior) el grupo A del compuesto fotocromico térmicamente reversible representado por la Fórmula θ_2 , opcionalmente pueden sustituirse con uno o más grupos R^4 , cada uno de los cuales puede comprender un agente de alargamiento L que es igual o diferente a los restantes sustituyentes L. Además, como se muestra a continuación en la Secuencia de reacción T (a continuación), el grupo G en la Fórmula θ_2 también puede ser un agente de alargamiento L o puede ser otro grupo sustituyente que está sustituido con un agente de alargamiento L.

Secuencia de reacción T



En la Secuencia de reacción T, el fúlgido representado por la fórmula τ_1 puede hacerse de acuerdo con la Secuencia

de reacción N, con las modificaciones apropiadas que serán reconocidas por los expertos en la materia. La fúlgido representada por la fórmula τ_1 se puede hacer reaccionar después con cloruro de para-aminobenzoílo para formar el compuesto fotocromático reversible térmicamente de acuerdo con una realización no limitante desvelada en el presente documento y representada por la Fórmula τ_2 . Como se ha analizado anteriormente (y se ha representado en la Secuencia de reacción Q anterior), el grupo R^5 del compuesto fotocromático térmicamente reversible representado por la Fórmula τ_2 puede ser un agente de alargamiento L o puede ser otro grupo sustituyente que está sustituido con L. Además, como se ha analizado anteriormente (y como se ha representado en la Secuencia de reacción P anterior) el grupo A del compuesto fotocromático térmicamente reversible representado por la Fórmula τ_2 , opcionalmente pueden sustituirse con uno o más grupos R^4 , comprendiendo cada uno de ellos un agente de alargamiento L que es igual o diferente para los L restantes.

Como se ha tratado anteriormente, una realización no limitante desvelada en el presente documento proporciona un elemento óptico que comprende un sustrato y al menos un compuesto fotocromático-dicroico alineado al menos parcialmente conectado al menos a una parte del sustrato y que tiene una relación de absorción promedio mayor de 2,3 en un estado activado, según se determina de acuerdo con el PROCEDIMIENTO DE LA CELDA. Adicionalmente, de acuerdo con esta realización no limitante, el elemento óptico puede comprender además al menos una equipo de orientación que tiene al menos una primera dirección general conectada al menos a una parte del sustrato y al menos una parte de al menos un compuesto fotocromático-dicroico alineado al menos parcialmente se puede alinear al menos parcialmente por interacción con la equipo de orientación.

Como se usa en el presente documento, la expresión "equipo de orientación" significa un mecanismo que puede facilitar la colocación de una o más estructuras distintas que se exponen, ya sea directamente, indirectamente, a al menos una parte del mismo. Como se usa en el presente documento, el término "orden" significa llevarlo a una disposición o posición adecuada, tal como alinearse con otra estructura o material, o mediante alguna otra fuerza o efecto. Por lo tanto, tal como se usa en el presente documento, el término "orden" abarca procedimientos de contacto para ordenar un material, tal como alineación con otra estructura o material, y procedimientos sin contacto para ordenar un material, tal como mediante exposición a una fuerza o efecto externo. El término orden también abarca combinaciones de procedimientos de contacto y no contacto.

Por ejemplo, en una realización no limitante, la al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico al menos parcialmente alineado que está alineado al menos parcialmente por interacción con al menos un equipo de orientación puede estar alineado al menos parcialmente, tal que el eje largo del compuesto fotocromático-dicroico en el estado activado está esencialmente paralelo a al menos la primera dirección general del al menos un equipo de orientación. De acuerdo con otra realización no limitante, la al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico al menos parcialmente alineado que está al menos parcialmente alineado por interacción con al menos una parte de la al menos un equipo de orientación está unido o ha reaccionado con la parte de al menos un equipo de orientación. Tal como se usa en el presente documento con referencia al orden o alineación de un material o estructura, la expresión "dirección general" se refiere a la disposición u orientación predominante del material, compuesto o estructura. Además, los expertos en la materia apreciarán que un material, compuesto o estructura puede tener una dirección general aunque haya alguna variación dentro de la disposición del material, compuesto o estructura, siempre que el material, compuesto o estructura tenga al menos una disposición predominante.

Tal como se ha tratado anteriormente, los equipos de orientación según diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento pueden tener al menos una primera dirección general. Por ejemplo, el equipo de orientación puede comprender una primera región ordenada que tiene una primera dirección general y al menos una segunda región ordenada adyacente a la primera región ordenada que tiene una segunda dirección general que es diferente de la primera dirección general. Además, el equipo de orientación puede tener una pluralidad de regiones, cada una de las cuales tiene una dirección general que es igual o diferente del resto de las regiones, para formar un patrón o diseño deseado. Adicionalmente, el al menos un equipo de orientación puede comprender uno o más tipos diferentes de equipos de orientación. Ejemplos no limitantes de equipos de orientación que pueden usarse junto con esta y otras realizaciones no limitantes desveladas en incluyen revestimientos al menos parciales que comprenden un medio de alineación ordenado al menos parcialmente, láminas poliméricas ordenadas al menos parcialmente, superficies tratadas al menos parcialmente, películas de Langmuir-Blodgett y combinaciones de las mismas.

Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, de acuerdo con una realización no limitante, el equipo de orientación puede comprender un revestimiento al menos parcial que comprende un medio de alineación ordenado al menos parcialmente. Ejemplos no limitantes de medios de alineación adecuados que pueden usarse junto con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen materiales de fotoorientación, materiales de orientación frotados y materiales de cristal líquido. Los procedimientos no limitantes de ordenar al menos una parte del medio de alineación se describen con detalle a continuación en el presente documento.

Tal como se ha tratado anteriormente, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, el medio de alineación puede ser un material de cristal líquido. Los materiales de cristal líquido, debido a su estructura, generalmente

pueden ordenarse o alinearse para tomar una dirección general. Más específicamente, debido a que las moléculas de cristal líquido tienen estructuras similares a varillas o discos, un eje largo rígido y dipolos fuertes, las moléculas de cristal líquido pueden ordenarse o alinearse por interacción con una fuerza externa u otra estructura tal que el eje largo de las moléculas adopta una orientación que generalmente es paralela a un eje común. Por ejemplo, aunque
 5 de manera no limitante en el presente documento, es posible alinear las moléculas de un material de cristal líquido con un campo magnético, un campo eléctrico, radiación infrarroja polarizada linealmente, radiación ultravioleta polarizada linealmente, radiación visible polarizada linealmente o fuerzas de cizalladura. También es posible alinear moléculas de cristal líquido con una superficie orientada. Es decir, las moléculas de cristal líquido se pueden aplicar a una superficie que se ha orientado, por ejemplo, mediante procedimientos de frotamiento, ranurado o
 10 fotoalineación, y posteriormente, se alinean de modo que el eje largo de cada una de las moléculas de cristal líquido adopte una orientación que generalmente es paralela a la dirección general de orientación de la superficie. Los ejemplos no limitantes de materiales de cristal líquido adecuados para su uso como medios de alineación de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes descritas en el presente documento incluyen polímeros de cristal líquido, prepolímeros de cristal líquido, monómeros de cristal líquido y mesógenos de cristal líquido. Como se usa en
 15 el presente documento, el término "prepolímero" significa materiales parcialmente polimerizados.

Monómeros de cristal líquido que son adecuados para su uso con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen monómeros de cristal líquido monofuncionales así como multifuncionales. Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el monómero de cristal
 20 líquido puede ser un monómero de cristal líquido reticulable y además puede ser un monómero de cristal líquido fotorreticulable. Como se usa en el presente documento, el término "fotorreticulable" significa un material, tal como un monómero, un prepolímero o un polímero, que se puede reticular tras la exposición a radiación actínica. Por ejemplo, los monómeros de cristal líquido fotorreticulables incluyen los monómeros de cristal líquido que son reticulables por exposición a radiación ultravioleta y / o radiación visible, con o sin el uso de iniciadores de la
 25 polimerización.

Ejemplos no limitantes de monómeros de cristal líquido reticulables adecuados para su uso con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen monómeros de cristal líquido que tienen grupos funcionales elegidos entre acrilatos, metacrilatos, alilo, éteres de alilo, alquinos, amino, anhídridos, epóxidos,
 30 hidróxidos, isocianatos, isocianatos bloqueados, siloxanos, tiocianatos, tioles, urea, vinilo, éteres de vinilo y mezclas de los mismos. Ejemplos no limitantes de monómeros de cristal líquido fotorreticulables adecuados para su uso en revestimientos al menos parciales de equipos de alineación de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen monómeros de cristal líquido que tienen grupos funcionales elegidos entre acrilatos, metacrilatos, alquinos, epóxidos, tioles y mezclas de los mismos.
 35

Los polímeros y prepolímeros de cristal líquido que son adecuados para su uso junto con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen polímeros y prepolímeros de cristal líquido de cadena principal y polímeros y prepolímeros de cristal líquido de cadena lateral. En los polímeros y prepolímeros de cristal
 40 líquido de cadena principal, los mesógenos de cristal líquido de tipo varilla o disco se encuentran principalmente dentro del esqueleto del polímero. En los polímeros y prepolímeros de cadena principal, los mesógenos de cristal líquido de tipo varilla o disco se encuentran principalmente dentro de las cadenas laterales del polímero. Adicionalmente, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el polímero o prepolímero de cristal líquido puede ser reticulable y, además, puede ser fotorreticulable.

Ejemplos no limitantes de polímeros y prepolímeros de cristal líquido que son adecuados para su uso de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen, pero sin limitación, polímeros y prepolímeros de cadena principal y de cadena lateral que tienen grupos funcionales elegidos entre acrilatos, metacrilatos, alilo, éteres de alilo, alquinos, amino, anhídridos, epóxidos, hidróxidos, isocianatos,
 45 isocianatos bloqueados, siloxanos, tiocianatos, tioles, urea, vinilo, éteres de vinilo y mezclas de los mismos. Ejemplos no limitantes de polímeros y prepolímeros de cristal líquido fotorreticulables adecuados para su uso en los revestimientos al menos parciales de los equipos de alineación de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen los polímeros y prepolímeros que tienen grupos funcionales elegidos entre acrilatos, metacrilatos, alquinos, epóxidos, tioles y mezclas de los mismos.
 50

Los mesógenos de cristal líquido que son adecuados para su uso con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen mesógenos de cristal líquido termotrópicos y mesógenos de cristal líquido liotrópicos. Además, ejemplos no limitantes de mesógenos de cristal líquido que son adecuados para su uso con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen mesógenos de cristal líquido
 55 columáticos (o similares a varillas) y mesógenos de cristal líquido discóticos (o similares a discos).

Los ejemplos no limitantes de materiales de fotoorientación que son adecuados para su uso como medio de alineación junto con diversas realizaciones no limitantes desveladas incluyen redes de polímero fotoorientables. Ejemplos no limitantes específicos de redes de polímeros fotoorientables adecuados incluyen derivados de azobenceno, derivados de ácido cinámico, derivados de cumarina, derivados de ácido ferúlico y poliimididas. Por
 60 ejemplo, de acuerdo con una realización no limitante, el equipo de orientación puede comprender al menos un revestimiento al menos parcial que comprende una red de polímero fotoorientable al menos parcialmente ordenada

elegida entre derivados de azobenceno, derivados de ácido cinámico, derivados de cumarina, derivados de ácido ferúlico y poliimidias. Ejemplos específicos no limitantes de derivados de ácido cinámico que se pueden usar como medio de alineación junto con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen cinamato de polivinilo y ésteres de polivinilo de ácido parametoxicinámico.

5 Como se usa en el presente documento, la expresión "material de orientación por frotamiento" significa un material que se puede ordenar al menos parcialmente por frotamiento de al menos una parte de una superficie del material con otro material de textura adecuada. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, en una realización no limitante, el material de orientación por frotamiento se puede frotar con un paño o terciopelo de
10 textura adecuada. Ejemplos no limitantes de materiales de orientación por frotamiento que son adecuados para su uso como medio de alineación junto con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen (poli)imidias, (poli)siloxanos, (poli)acrilatos y (poli)cumarinas. Por lo tanto, por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación puede ser un revestimiento al menos parcial que comprende una poliimida que se ha frotado con terciopelo o un
15 paño de tal modo que se ordena al menos parcialmente al menos una parte de la superficie de la poliimida.

Tal como se ha tratado anteriormente, el al menos un equipo de orientación de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento puede comprender una lámina de polímero al menos parcialmente ordenada. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, una lámina de alcohol polivinílico se puede ordenar al menos parcialmente para estirando la lámina y, después de esto, la lámina se puede unir a la al menos una parte de al menos una superficie exterior del sustrato óptico para formar el equipo de orientación. Como alternativa, la lámina polimérica ordenada se puede preparar mediante un procedimiento que ordena al menos parcialmente las cadenas de polímero durante la fabricación, por ejemplo y sin limitación, mediante extrusión. Además, la lámina polimérica ordenada al menos parcialmente puede formarse fundiendo o formando de
20 otro modo una lámina de un material de cristal líquido y, a continuación, ordenando al menos parcialmente la lámina, por ejemplo, pero exponiendo la lámina a al menos uno de un campo magnético, una luz eléctrica campo o una fuerza cortante. Aún más, la lámina polimérica ordenada al menos parcialmente puede prepararse usando procedimientos de fotoorientación. Por ejemplo y sin limitación, se puede formar una lámina de un material de fotoorientación, por ejemplo mediante colada, y, a continuación, ordenar al menos parcialmente por exposición a radiación ultravioleta polarizada linealmente. Todavía otros procedimientos no limitantes para formar láminas poliméricas ordenadas al menos parcialmente se describen a continuación en el presente documento.

Aún más, los equipos de orientación según diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento pueden comprender una superficie tratada al menos parcialmente. Tal como se usa en el presente documento, la expresión superficie tratada se refiere a al menos una parte de una superficie que se ha alterado físicamente para crear una región al menos ordenada sobre al menos una parte de la superficie. Ejemplos no limitantes de superficies tratadas al menos parcialmente incluyen superficies frotadas al menos parcialmente, superficies grabadas al menos parcialmente y superficies estampadas al menos parcialmente. Además, las superficies tratadas al menos parcialmente pueden modelarse, por ejemplo, usando un proceso fotolitográfico o un proceso interferográfico. Ejemplos no limitantes de superficies tratadas al menos parcialmente que son útiles en la formación de equipos de orientación de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen, superficies químicamente grabadas, superficies grabadas con plasma, superficies nanograbadas (tales como superficies grabadas usando un microscopio de efecto túnel o un microscopio de fuerza atómica), superficies grabadas con láser y superficies grabadas con haz de electrones.
45

En una realización no limitante específica, en el que el equipo de orientación comprende una superficie tratada al menos parcialmente, impartir el equipo de orientación puede comprender depositar una sal metálica (tal como un óxido metálico o fluoruro metálico) sobre al menos una parte de una superficie, y después de grabar el depósito para formar el equipo de orientación. Los ejemplos no limitantes de técnicas adecuadas para depositar una sal metálica incluyen la deposición de vapor de plasma, la deposición de vapor químico y la pulverización catódica. Los ejemplos no limitantes de procesos de grabado se han expuesto anteriormente.
50

Como se usa en el presente documento, el término "películas de Langmuir-Blodgett" significa una o más películas moleculares ordenadas al menos parcialmente en una superficie. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, se puede formar una película de Langmuir-Blodgett sumergiendo un sustrato en un líquido una o más veces para que esté al menos parcialmente cubierto por una película molecular y, luego, eliminar el sustrato del líquido de manera que, debido a las tensiones superficiales relativas del líquido y el sustrato, las moléculas de la película molecular se ordenan al menos parcialmente en una dirección general. Tal como se usa en el presente documento, el término película molecular se refiere a películas monomoleculares (es decir, monocapas) así como películas que comprenden más de una monocapa.
60

Además de las equipos de orientación descritos anteriormente, los elementos ópticos según diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento pueden comprender además al menos un revestimiento al menos parcial que comprende un material de transferencia de alineación ordenado al menos parcialmente interpuesto entre el al menos un equipo de orientación y el compuesto fotocromico- dicroico (o el revestimiento al menos parcial que comprende el mismo). Aún más, los elementos ópticos pueden comprender una pluralidad de
65

revestimientos al menos parciales que comprenden una transferencia de alineación interpuesta entre el al menos un equipo de orientación y el compuesto fotocromico-dicroico. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el elemento óptico puede comprender al menos un equipo de orientación que comprende un revestimiento al menos parcial que comprende un medio de alineación ordenado al menos parcialmente conectado a al menos una parte del sustrato óptico y al menos un revestimiento al menos parcial que comprende un material de transferencia de alineación, ordenado al menos parcialmente, conectado a al menos una parte del equipo de orientación. Además, de acuerdo con esta realización no limitante, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico se puede alinear al menos parcialmente por interacción con el material de transferencia de alineación ordenado al menos parcialmente. Más específicamente, aunque de manera no limitante en el presente documento, en una realización no limitante, al menos una parte del material de transferencia de alineación puede alinearse por interacción con al menos una parte del medio de alineación ordenado al menos parcialmente, y al menos una parte del material de transferencia de alineación, al menos un compuesto fotocromico-dicroico puede alinearse por interacción con la al menos una parte parcialmente alineada del material de transferencia de alineación. Es decir, el material de transferencia de alineación puede facilitar la propagación o transferencia de una disposición o posición adecuada desde el equipo de orientación a al menos un compuesto fotocromico-dicroico.

Ejemplos no limitantes de materiales de transferencia de alineación que son adecuados para su uso junto con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen, sin limitación, los materiales de cristal líquido descritos anteriormente en conexión con los medios de alineación desvelados en el presente documento. Como se ha analizado anteriormente, es posible alinear las moléculas de un material de cristal líquido con una superficie orientada. Es decir, se puede aplicar un material de cristal líquido a una superficie que ha sido orientada y posteriormente alineada de modo que el eje largo de las moléculas de cristal líquido adopte una orientación que generalmente es paralela a la dirección general de orientación de la superficie. Por lo tanto, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento en las que el material de transferencia de alineación comprende un material de cristal líquido, el material de cristal líquido puede ordenarse al menos parcialmente alineando la al menos una parte del material de cristal líquido con al menos una parte del equipo de orientación de modo que el eje largo de las moléculas de al menos una parte del material de cristal líquido es generalmente paralelo a al menos una primera dirección general del equipo de orientación. De esta manera, la dirección general del equipo de orientación puede transferirse al material de cristal líquido, que a su vez puede transferir la dirección general a otra estructura o material. Además, si el al menos un equipo de orientación comprende una pluralidad de regiones que tienen direcciones generales que juntas forman un diseño o patrón (como se ha descrito previamente), ese diseño o patrón se puede transferir al material de cristal líquido alineando el material de cristal líquido con las diversas regiones del equipo de orientación como se ha tratado anteriormente. Adicionalmente, aunque no es necesario, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, al menos una parte del material de cristal líquido puede exponerse al menos a uno de entre: un campo magnético, un campo eléctrico, radiación infrarroja polarizada linealmente, radiación ultravioleta polarizada linealmente y radiación visible polarizada linealmente, estando al menos parcialmente alineada con al menos una parte del equipo de orientación.

Además del al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado conectado a la al menos una parte del sustrato, el elemento óptico descrito en el presente documento comprende al menos un material anisotrópico ordenado al menos parcialmente, conectado a la al menos una parte del al menos una superficie del sustrato. Es decir, según ciertas realizaciones no limitantes, el elemento óptico comprende un sustrato, al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado conectado a al menos una parte del sustrato, teniendo el al menos un compuesto fotocromico-dicroico una relación de absorción promedio mayor que 2,3 en un estado activado como se determina de acuerdo con el procedimiento DE CELDA y al menos un material anisotrópico ordenado al menos parcialmente conectado a la al menos una parte de al menos una superficie del sustrato.

Como se usa en el presente documento, el término "anisotrópico" significa que tiene al menos una propiedad que difiere en valor cuando se mide en al menos una dirección diferente. Por lo tanto, los "materiales anisotrópicos" son materiales que tienen al menos una propiedad que difiere en valor cuando se mide en al menos una dirección diferente. Los ejemplos no limitantes de materiales anisotrópicos que son adecuados para su uso junto con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento incluyen, sin limitación, los materiales de cristal líquido descritos anteriormente.

Al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado se puede alinear al menos parcialmente por interacción con al menos un material anisotrópico ordenado al menos parcialmente. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico se puede alinear de manera que el eje largo del compuesto fotocromico-dicroico en el estado dicroico es esencialmente paralelo a la dirección general del anisotrópico material. Además, aunque no es necesario, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico se puede unir o reaccionar con al menos una parte del al menos un material anisotrópico ordenado al menos parcialmente.

Además, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado y el al menos uno material anisotrópico ordenado al menos parcialmente están presentes como un revestimiento al menos parcial en al menos una parte del sustrato. Por ejemplo, de acuerdo con una realización no limitante, el al menos un material anisotrópico

ordenado al menos parcialmente puede ser un material de cristal líquido y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado y el al menos uno material anisotrópico ordenado al menos parcialmente pueden estar presentes como un revestimiento de cristal líquido al menos parcial en al menos una parte del sustrato. De acuerdo con otra realización no limitante, el revestimiento al menos parcial puede ser un revestimiento de polímero separado por fases que comprende una fase de matriz y una fase huésped distribuida en la fase de matriz. Aunque sin limitarse al presente documento, de acuerdo con esta realización no limitante, la fase de matriz puede comprender un polímero de cristal líquido ordenado al menos parcialmente. Además, de acuerdo con esta realización no limitante, la fase huésped puede comprender el material anisotrópico al menos parcialmente ordenado y al menos una parte del compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado. Aún más, tal como se ha tratado anteriormente, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado se puede alinear al menos parcialmente por interacción con el material anisotrópico ordenado al menos parcialmente.

En otra realización no limitante, el revestimiento al menos parcial puede comprender una red de polímero interpenetrante. De acuerdo con esta realización no limitante, el al menos un material anisotrópico ordenado al menos parcialmente y un material polimérico pueden formar una red polimérica interpenetrante, en la que al menos una parte del material polimérico se interpenetra con al menos una parte del material anisotrópico al menos parcialmente ordenado. Como se usa en el presente documento, el término "red de polímero interpenetrante" significa una combinación entrelazada de polímeros, al menos uno de los cuales está reticulado, que no están unidos entre sí. Por lo tanto, tal como se usa en el presente documento, la expresión red de polímero interpenetrante incluye redes poliméricas semiinterpenetrantes. Por ejemplo, véase L.H. Sperling, Introduction to Physical Polymer Science, John Wiley & Sons, New York (1986) en la página 46. Además, de acuerdo con esta realización no limitante, al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado puede estar al menos parcialmente alineado con el material anisotrópico ordenado al menos parcialmente. Aún más, de acuerdo con esta realización no limitante, el material polimérico puede ser isotrópico o anisotrópico, con la condición de que, en conjunto, el revestimiento al menos parcial sea anisotrópico. Los procedimientos para formar tales revestimientos al menos parciales se describen con más detalle a continuación.

Todavía otras realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento proporcionan un elemento óptico que comprende un sustrato, al menos un equipo de orientación ordenada al menos parcialmente conectada a al menos una parte del sustrato y un revestimiento al menos parcial conectado a al menos una parte del equipo de orientación menos parcialmente ordenada, el revestimiento al menos parcial que comprende al menos un material anisotrópico que está alineado al menos parcialmente con al menos una parte del equipo de orientación ordenada al menos parcialmente y al menos un compuesto fotocromico-dicroico que está al menos parcialmente alineado con al menos una parte del material anisotrópico al menos parcialmente alineado.

Como se ha analizado anteriormente, los equipos de orientación de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento pueden comprender una primera región ordenada que tiene una primera dirección general y al menos una segunda región ordenada adyacente a la primera región que tiene una segunda dirección general que es diferente de la primera dirección general. Además, el equipo de orientación puede comprender múltiples regiones ordenadas que tienen múltiples direcciones generales que juntas crean un diseño o patrón específico. Los ejemplos no limitantes de equipos de orientación que son adecuados para su uso junto con esta realización no limitante se han descrito anteriormente con detalle. Adicionalmente, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, un revestimiento al menos parcial que comprende un material de transferencia de alineación se puede colocar entre el al menos un equipo de orientación y el revestimiento al menos parcial que comprende el material anisotrópico y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico. Además, el patrón o la dirección general del al menos un equipo de orientación puede transferirse al material de transferencia de alineación mediante alineación, que, a su vez, puede transferir la dirección general del equipo de orientación al revestimiento al menos parcial que comprende el material anisotrópico y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico por alineación. Es decir, el material anisotrópico del revestimiento al menos parcial se puede alinear al menos parcialmente con el material de transferencia de alineación al menos parcialmente alineado. Además, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico está alineado al menos parcialmente por interacción con el material anisotrópico al menos parcialmente alineado.

Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el al menos un material anisotrópico puede adaptarse para permitir que el al menos un compuesto fotocromico-dicroico cambie de un primer estado al segundo estado a una velocidad deseada. En términos generales, los compuestos fotocromicos convencionales pueden experimentar una transformación de una forma isomérica a otra en respuesta a la radiación actínica, teniendo cada forma isomérica un espectro de absorción característico. Los compuestos dicroicos fotocromicos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes descritas en el presente documento experimentan una transformación isomérica similar. La velocidad o velocidad a la que se produce esta transformación isomérica (y la transformación inversa) depende, en parte, de las propiedades del entorno local que rodea el compuesto fotocromico-dicroico (es decir, el "huésped"). Aunque sin limitarse al presente documento, los inventores creen que la tasa de transformación del compuesto fotocromico-dicroico dependerá, en parte, de la flexibilidad de los segmentos de cadena del huésped, es decir, la movilidad o viscosidad de los segmentos de cadena del huésped. En particular, sin limitarse al presente documento, se cree que la velocidad de transformación del compuesto fotocromico-dicroico generalmente será más rápida en huéspedes que tienen segmentos de cadena flexibles que en

el huésped que tiene segmentos de cadena rígidos o rígidos. Por lo tanto, de acuerdo con determinadas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, en el que el material anisotrópico es un huésped, el material anisotrópico puede adaptarse para permitir que el compuesto fotocromático-dicroico se transforme entre varios estados isoméricos a velocidades deseadas. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el material anisotrópico puede adaptarse ajustando uno o más del peso molecular y la densidad de reticulación del material anisotrópico.

De acuerdo con otra realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que comprende al menos un material anisotrópico y al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede ser un revestimiento de polímero separado por fases que comprende fase de matriz, por ejemplo y sin limitación, un polímero de cristal líquido, y fase de invitado distribuida dentro de la fase de matriz. Además, de acuerdo con esta realización no limitante, la fase huésped puede comprender el material anisotrópico. Aún más, de acuerdo con esta realización no limitante, la mayoría del al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede estar contenida dentro de la fase huésped del revestimiento de polímero separado por fases. Como se ha analizado anteriormente, debido a que la velocidad de transformación del al menos un compuesto fotocromático-dicroico depende, en parte, del huésped en el que está contenida, de acuerdo con esta realización no limitante, la velocidad de transformación de al menos un compuesto fotocromático-dicroico dependerá, en gran medida, en gran medida, de las propiedades de la fase huésped.

Por ejemplo, una realización no limitante proporciona un elemento óptico que comprende un sustrato, al menos un equipo de orientación conectada a al menos una parte de una superficie del sustrato, y un revestimiento al menos parcial conectado a al menos una parte de al menos un equipo de orientación y que comprende un polímero separado por fases. De acuerdo con esta realización no limitante, el polímero separado por fases puede comprender una fase de matriz, al menos una parte de la cual está al menos parcialmente alineada con al menos una parte del al menos un equipo de orientación, y una fase huésped que comprende un material anisotrópico disperso dentro de la fase de la matriz. De acuerdo adicionalmente con esta realización no limitante, al menos una parte del material anisotrópico de la fase huésped puede estar al menos parcialmente alineada con al menos una parte del al menos un equipo de orientación y al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede ser al menos parcialmente alineado con al menos una parte del material anisotrópico. Aún más, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, la fase de matriz del polímero separado por fases puede comprender un polímero de cristal líquido, y el material anisotrópico de la fase huésped se puede elegir entre polímeros de cristal líquido y mesógenos de cristal líquido. Ejemplos no limitantes de tales materiales se exponen en detalle anteriormente. Adicionalmente, sin limitarse al presente documento, de acuerdo con esta realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que comprende el polímero separado en fase puede estar sustancialmente exento de turbidez. La turbidez se define como el porcentaje de luz transmitida que se desvía del haz incidente en más de 2,5 grados en promedio de acuerdo con el procedimiento de prueba estándar de neblina y transmisión luminosa de plásticos transparentes ASTM D 1003. Un ejemplo de un instrumento en el que se pueden realizar mediciones de turbidez según ASTM D 1003 es Haze-Gard Plus TM fabricado por BYK-Gardener.

Además, aunque de manera no limitante en el presente documento, de acuerdo con otras realizaciones no limitantes, el al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede encapsularse o recubrirse con un material huésped al menos parcialmente ordenado y luego el compuesto fotocromático-dicroico encapsulado o recubierto puede dispersarse dentro de otro material. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede encapsularse o recubrirse con un material anisotrópico ordenado al menos parcialmente que tenga segmentos de cadena relativamente flexibles, tal como un material de cristal líquido ordenado al menos parcialmente, y después disperso o distribuido en otro material que tiene segmentos de cadena relativamente rígidos. Por ejemplo, Por ejemplo, el compuesto fotocromático-dicroico encapsulado se puede dispersar o distribuir en un polímero de cristal líquido que tiene segmentos de cadena relativamente rígidos y después de eso la mezcla se puede aplicar a un sustrato para formar un revestimiento.

De acuerdo con aún otra realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que comprende al menos un material anisotrópico y al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede ser un revestimiento de red de polímero interpenetrante. Por ejemplo, el revestimiento al menos parcial puede comprender un material polimérico que se interpenetra con al menos una parte del al menos un material anisotrópico, y al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico se puede alinear al menos parcialmente con el material anisotrópico al menos parcialmente alineado. Los procedimientos para formar dichos revestimientos de redes interpenetrantes se describen a continuación con más detalle.

Todavía otras realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento proporcionan un elemento óptico que comprende un sustrato, , un primer revestimiento al menos parcial que comprende un medio de alineación ordenado al menos parcialmente conectado a al menos una parte de al menos una superficie del sustrato, un segundo al menos parcial revestimiento que comprende un material de transferencia de alineación conectado y al menos parcialmente alineado con al menos una parte del medio de alineación ordenado al menos parcialmente y un tercer revestimiento al menos parcial conectado a al menos una parte del material de transferencia de alineación ordenado al menos parcialmente, el tercer revestimiento al menos parcial que comprende al menos un material anisotrópico que está alineado al menos parcialmente con al menos una parte del material de transferencia de alineación al menos parcialmente alineado y al menos un compuesto fotocromático-dicroico que está alineado al

menos parcialmente con al menos un parte del material anisotrópico al menos parcialmente alineado.

Aunque sin limitarse al presente documento, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, el primer revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación ordenado al menos parcialmente puede tener un espesor que varía ampliamente dependiendo de la aplicación final y/o el equipo de procesamiento empleado. Por ejemplo, en una realización no limitante, el espesor del revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación ordenado al menos parcialmente puede oscilar desde al menos 0,5 nanómetros hasta 10.000 nanómetros. En otra realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación ordenado al menos parcialmente puede tener un espesor que varía desde al menos 0,5 nanómetros hasta 1000 nanómetros. En aún otra realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación ordenado al menos parcialmente puede tener un espesor que varía desde al menos 2 nanómetros hasta 500 nanómetros. En aún otra realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación ordenado al menos parcialmente puede tener un espesor que varía de 100 nanómetros a 500 nanómetros. Adicionalmente, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, el elemento óptico puede comprender una pluralidad de revestimientos al menos parciales que comprenden un medio de alineación ordenado al menos parcialmente. Además, cada uno de la pluralidad de revestimientos al menos parciales puede tener el mismo o diferente espesor que los otros revestimientos al menos parciales de la pluralidad.

Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el segundo revestimiento al menos parcial que comprende el material de transferencia de alineación puede tener un espesor que varía ampliamente dependiendo de la aplicación final y/o del equipo de procesamiento empleado. Por ejemplo, en una realización no limitante, el grosor del revestimiento al menos parcial que comprende el material de transferencia de alineación ordenado al menos parcialmente puede variar de 0,5 μm (micras) a 1000 μm (micrómetros). En otra realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que comprende el material de transferencia de alineación ordenado al menos parcialmente puede tener un grosor que varía de 1 a 25 μm (micrómetros). En aún otra realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que comprende el material de transferencia de alineación ordenado al menos parcialmente puede tener un grosor que varía de 5 a 20 μm (micrómetros). Adicionalmente, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, el elemento óptico puede comprender una pluralidad de revestimientos al menos parciales que comprenden un material de transferencia de alineación. Además, cada uno de la pluralidad de revestimientos al menos parciales puede tener el mismo o diferente espesor que los otros revestimientos al menos parciales de la pluralidad.

Aún más, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el tercer revestimiento al menos parcial que comprende el material anisotrópico y el al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede tener un espesor que varía ampliamente dependiendo de la aplicación final y/o el equipo de procesamiento empleado. En una realización no limitante, el revestimiento al menos parcial que comprende el material anisotrópico al menos parcialmente alineado y el al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede tener un grosor de al menos 0,5 μm (micrómetros) a 1000 μm (micrómetros). De acuerdo con otras realizaciones no limitantes, el tercer revestimiento al menos parcial puede tener un espesor que varía de 1 micrómetro a 25 μm (micrómetros). De acuerdo con otras realizaciones no limitantes más, el tercer revestimiento al menos parcial puede tener un espesor que varía de 5 μm (micrómetros) a 20 μm (micrómetros). Adicionalmente, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, el elemento óptico puede comprender una pluralidad de revestimientos al menos parciales que comprenden un material anisotrópico al menos parcialmente alineado y al menos un material dicroico. Además, cada uno de la pluralidad de revestimientos al menos parciales puede tener el mismo o diferente espesor que los otros revestimientos al menos parciales de la pluralidad. Los ejemplos no limitantes de compuestos dicroicos-fotocromáticos adecuados se describen anteriormente en detalle.

Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, además del tercer revestimiento al menos parcial, uno o ambos del primer y segundo revestimientos al menos parciales pueden comprender compuestos fotocromáticos dicroicos que son iguales o diferentes de los compuestos dicroicos fotocromáticos del tercer revestimiento al menos parcial. Aún más, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, cualquiera de los revestimientos al menos parciales descritos anteriormente puede comprender adicionalmente al menos un aditivo, al menos un compuesto dicroico convencional y/o al menos un compuesto fotocromático convencional. Los ejemplos no limitantes de aditivos adecuados, compuestos dicroicos convencionales y compuestos fotocromáticos convencionales se han expuesto anteriormente. Además, como se ha analizado anteriormente, además del primer, segundo y tercer revestimientos al menos parciales descritos anteriormente, los elementos ópticos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes descritas en la presente pueden comprender además revestimientos de imprimación, revestimientos antirreflectantes, revestimientos fotocromáticos, revestimientos de polarización lineal, revestimientos de polarización circular, revestimientos de polarización elíptica, revestimientos de transición y revestimientos protectores. Ejemplos no limitantes de tales revestimientos se proporcionan anteriormente.

Otras realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento proporcionan un elemento óptico que comprende un sustrato, una lámina polimérica ordenada al menos parcialmente conectada a al menos una parte del sustrato, y al menos un compuesto fotocromático-dicroico al menos parcialmente alineado conectado a al menos una parte de la lámina polimérica ordenada al menos parcialmente y que tiene una relación de absorción promedio mayor que 2,3 en un estado activado según se determina de acuerdo con el procedimiento DE CELDA. Por ejemplo,

aunque de manera no limitante en el presente documento, de acuerdo con una realización no limitante, una lámina de polímero estirada que contiene al menos un compuesto fotocromico-dicroico que está alineado al menos parcialmente por las cadenas poliméricas orientadas de la lámina de polímero estirada se puede conectar a al menos un parte del sustrato.

5 Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, el elemento óptico compuesto puede comprender una pluralidad de láminas poliméricas, al menos una de las cuales está ordenada al menos parcialmente, conectado a al menos una parte del sustrato. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el elemento óptico compuesto puede comprender un sustrato y una lámina polimérica ordenada al menos parcialmente que
10 comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado que se interpone entre láminas poliméricas dimensionalmente estables o "rígidas" conectadas a al menos una parte del sustrato. De acuerdo con otras realizaciones no limitantes, el elemento óptico compuesto puede comprender dos o más láminas poliméricas ordenadas al menos parcialmente que comprenden un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado que están conectadas a al menos una parte del sustrato. Además, las dos o más láminas poliméricas ordenadas al menos parcialmente pueden tener la misma dirección general o diferentes direcciones generales y pueden comprender el mismo compuesto fotocromico-dicroico o diferentes compuestos dicroicos fotocromicos. Aún más, las al menos dos láminas poliméricas ordenadas al menos parcialmente se pueden apilar o
15 estratificar sobre el sustrato o se pueden colocar adyacentes entre sí sobre el sustrato.

20 Los ejemplos de láminas poliméricas ordenadas al menos parcialmente que se pueden usar junto con esta realización no limitativa incluyen, sin limitación, láminas de polímero estiradas, láminas de polímero de cristal líquido ordenadas y láminas de polímero fotoorientadas. Los ejemplos de materiales poliméricos, distintos de materiales de cristal líquido y materiales de orientación fotográfica que se pueden usar para formar láminas poliméricas según diversas realizaciones no limitantes descritas en el presente documento incluyen, sin limitación: alcohol polivinílico, poli(cloruro de vinilo), poliuretano, poliacrilato y policaprolactama. Ejemplos no limitantes de procedimientos de al
25 menos parcialmente pedir láminas poliméricas se describen a continuación con más detalle.

30 Todavía otras realizaciones no limitantes descritas en el presente documento proporcionan un elemento óptico compuesto que comprende un sustrato y al menos una lámina conectada a al menos una parte del sustrato, comprendiendo la al menos una lámina: un polímero de cristal líquido ordenado al menos parcialmente que tiene al menos una primera dirección general, al menos un material de cristal líquido ordenado al menos parcialmente que tiene al menos una segunda dirección general distribuida dentro de al menos una parte del polímero de cristal líquido, y al menos un compuesto fotocromico-dicroico que está alineado al menos parcialmente con al menos una parte del al menos un material de cristal líquido ordenado al menos parcialmente, en el que al menos la segunda
35 dirección general es generalmente paralela a al menos la primera dirección general.

40 La invención proporciona un procedimiento para fabricar un elemento óptico que comprende formar un revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado como se definió anteriormente en al menos una parte de un sustrato. Como se usa en el presente documento, el término "encendido" significa en contacto directo con un objeto (tal como un sustrato) o en contacto indirecto con el objeto a través de uno o más revestimientos o estructuras, al menos uno de los cuales está en contacto directo con el objeto. Además, que además del al menos un compuesto fotocromico-dicroico alineado al menos parcialmente, al menos un material anisotrópico ordenado al menos parcialmente está conectado al menos a una parte del sustrato.

45 El revestimiento al menos parcial puede tener una relación de absorción promedio de al menos 1,5. Además, de acuerdo con esta y otras realizaciones no limitantes de procedimientos de fabricación de elementos y dispositivos descritos en el presente documento, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado puede tener una relación de absorción promedio mayor de 2.3 en un estado activado según se determina de acuerdo con el procedimiento DE CELDA. Los ejemplos de compuestos dicroicos fotocromicos que son útiles en
50 conjunción con los procedimientos de fabricación de elementos y dispositivos descritos en el presente documento se exponen en detalle anteriormente.

55 De acuerdo con diversas realizaciones desveladas en el presente documento, la formación del revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado puede comprender aplicar al menos un compuesto fotocromico-dicroico y al menos un material anisotrópico a al menos una parte del compuesto. sustrato, ordenar al menos parcialmente al menos una parte del al menos material anisotrópico y alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico con al menos una parte del material anisotrópico al menos parcialmente ordenado. Los procedimientos no limitantes de aplicar al menos un compuesto fotocromico-dicroico y al menos un material anisotrópico al sustrato que se puede usar junto
60 con los procedimientos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes descritas en el presente documento incluyen, pero sin limitación, revestimiento por centrifugado, revestimiento por pulverización, revestimiento por pulverización y centrifugado, recubrimiento con cortina, revestimiento de flujo, revestimiento por inmersión, moldeo por inyección, fundición, revestimiento con rodillo, revestimiento con alambre y sobremoldeado.

65 De acuerdo con otras realizaciones no limitantes, la aplicación del al menos un compuesto fotocromico-dicroico y al menos un material anisotrópico a al menos una parte del sustrato puede comprender formar un revestimiento al

menos parcial del material anisotrópico en al menos una parte de un molde, que puede tratarse con un material de liberación. Posteriormente, al menos una parte del al menos un material anisotrópico puede ordenarse al menos parcialmente (como se analiza en más detalle a continuación) y al menos establecerse parcialmente. Posteriormente, el sustrato puede formarse sobre el revestimiento al menos parcial (es decir, sobremoldeo), por ejemplo, moldeando el material formador el sustrato en el molde. El material de formación de sustrato puede entonces establecerse al menos parcialmente para formar el sustrato. Posteriormente, el sustrato y el revestimiento al menos parcial del material anisotrópico ordenado al menos parcialmente pueden liberarse del molde. Además, de acuerdo con esta realización no limitante, el al menos un compuesto fotocromático-dicroico se puede aplicar al molde con el material anisotrópico, o se puede embeber en el material anisotrópico después de que el material anisotrópico se haya aplicado al molde, después del material anisotrópico se ha pedido al menos parcialmente, o después de que el sustrato con el revestimiento al menos parcial del material anisotrópico ordenado se haya liberado del molde.

De acuerdo con otras realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, formar el revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromático-dicroico al menos parcialmente alineado puede comprender aplicar al menos un material anisotrópico a al menos una parte del sustrato, embeber al menos un compuesto fotocromático-dicroico en al menos una parte del al menos un material anisotrópico, ordenar al menos parcialmente al menos una parte del al menos material anisotrópico y alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico con al menos una parte del material anisotrópico al menos parcialmente ordenado. Los procedimientos no limitantes de embeber compuestos fotocromático dicroicos en diversos revestimientos se describen a continuación en más detalle.

Los procedimientos no limitantes para ordenar el material anisotrópico incluyen exponer el material anisotrópico a al menos uno de un campo magnético, un campo eléctrico, radiación ultravioleta polarizada linealmente, radiación infrarroja polarizada linealmente, radiación visible polarizada linealmente y una fuerza de corte. Además, el al menos un material anisotrópico se puede ordenar al menos parcialmente alineando al menos una parte del material anisotrópico con otro material o estructura. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el al menos un material anisotrópico se puede ordenar al menos parcialmente alineando el material anisotrópico con un equipo de orientación, tal como, pero sin limitación, los equipos de orientación descritos anteriormente.

Como se ha descrito en lo que antecede, ordenando al menos parcialmente al menos una parte del material anisotrópico, es posible alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico que está contenido dentro o conectado de otro modo al material anisotrópico. Aunque no es necesario, el al menos un compuesto fotocromático dicroico puede estar al menos parcialmente alineado mientras está en un estado activado. Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, la aplicación del al menos un compuesto fotocromático-dicroico y el al menos un material anisotrópico a la parte del sustrato puede ocurrir esencialmente al mismo tiempo que, antes o después de ordenar el al menos un material anisotrópico y/o alinear el al menos un compuesto fotocromático-dicroico.

Por ejemplo, de acuerdo con una realización no limitante que aplica al menos un compuesto fotocromático-dicroico y que el al menos un material anisotrópico puede tener lugar esencialmente al mismo tiempo que ordenar al menos una parte del al menos un material anisotrópico y alinearse a al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático dicroico. Más particularmente, de acuerdo con esta realización limitante, el al menos un compuesto fotocromático-dicroico y al menos un material anisotrópico se pueden aplicar a al menos una parte del sustrato usando una técnica de revestimiento que puede introducir una fuerza de corte en al menos una parte del material anisotrópico durante la aplicación de manera que al menos una parte del al menos un material anisotrópico se puede ordenar al menos parcialmente, generalmente en paralelo a la dirección de la fuerza de cizalladura aplicada. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, una solución o mezcla (opcionalmente en un disolvente o vehículo) del al menos un compuesto fotocromático-dicroico y el al menos un material anisotrópico pueden recubrirse con una cortina sobre la al menos una parte del sustrato. de modo que las fuerzas de cizalla se introducen en los materiales que se están aplicando debido al movimiento relativo de la superficie del sustrato con respecto a los materiales que se están aplicando. Las fuerzas de cizalla pueden hacer que se ordene al menos una parte del al menos un material anisotrópico en una dirección general que sea esencialmente paralela a la dirección del movimiento de la superficie. Tal como se ha tratado anteriormente, ordenando al menos una parte del al menos un material anisotrópico de esta manera, al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico que está contenido dentro o conectado al material anisotrópico se puede alinear por lo menos una parte del material anisotrópico ordenado al menos parcialmente. Además, aunque no es necesario, al exponer al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico a la radiación actínica durante el proceso de revestimiento con cortina, de manera que al menos una parte de al menos un compuesto fotocromático-dicroico está en un estado activado, se puede conseguir al menos una alineación parcial del al menos un compuesto fotocromático-dicroico en estado activado.

En otra realización no limitativa en la que el al menos un compuesto fotocromático-dicroico y el al menos un material anisotrópico se aplican a la parte del sustrato antes de ordenar al menos una parte del al menos un material anisotrópico y alinear al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico, la aplicación de los materiales puede comprender recubrir por rotación una solución o mezcla del al menos un compuesto fotocromático-dicroico y al menos un material anisotrópico (opcionalmente en un disolvente o vehículo) sobre al menos una parte

de al menos una superficie del sustrato. Posteriormente, de acuerdo con esta realización no limitante, al menos una parte del al menos un material anisotrópico puede estar al menos parcialmente ordenado, por ejemplo, exponiendo al menos una parte del al menos un material anisotrópico a un campo magnético, un campo eléctrico, radiación ultravioleta polarizada linealmente, radiación infrarroja polarizada linealmente, radiación visible polarizada linealmente o una fuerza de corte. Además, al menos una parte del al menos un material anisotrópico se puede ordenar al menos parcialmente alineando la al menos una parte con otro material o estructura, por ejemplo, un equipo de orientación

En aún otra realización no limitante, en la que al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico está al menos parcialmente alineado y el al menos un material anisotrópico se ordena al menos parcialmente antes de aplicarse a al menos una parte del sustrato, una solución o mezcla (opcionalmente en un disolvente o vehículo) del al menos un compuesto fotocromático-dicroico y el material al menos anisotrópico se puede aplicar a una lámina polimérica ordenada para formar un revestimiento al menos parcial. Posteriormente, al menos una parte del al menos un material anisotrópico se alinee con al menos una parte de la lámina polimérica ordenada. La lámina polimérica se puede aplicar posteriormente a al menos una parte del sustrato mediante, por ejemplo, pero sin limitación, laminar o unir. Como alternativa, el revestimiento puede transferirse desde la lámina polimérica al sustrato mediante procedimientos conocidos en la técnica, tal como, aunque sin limitación, estampado en caliente. Otros procedimientos de aplicación de láminas poliméricas se describen en el presente documento con más detalle.

En otra realización no limitante, aplicar al menos un compuesto fotocromático-dicroico y al menos un material anisotrópico a al menos una parte del sustrato puede comprender aplicar un sistema polimérico separador de fases que comprende un material formador de fase de matriz que comprende un material de cristal líquido y un material formador de fase huésped que comprende al menos un material anisotrópico y al menos un compuesto fotocromático-dicroico. Después de aplicar el sistema de polímero separador de fases, de acuerdo con esta realización no limitante, al menos parte del material de cristal líquido de la fase de matriz y al menos una parte del material anisotrópico de la fase huésped se ordenan al menos parcialmente, de modo que a al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico se alinea con al menos una parte del material anisotrópico al menos parcialmente ordenado de la fase huésped. Los procedimientos no limitantes de ordenar al menos parcialmente al menos parte del material formador de fase de matriz y al menos una parte del material formador de fase huésped del sistema polimérico separador de fases incluyen exponer al menos una parte del revestimiento al menos parcial que comprende el sistema de polímero separador de fases a al menos uno de entre: un campo magnético, un campo eléctrico, radiación infrarroja polarizada linealmente, radiación ultravioleta polarizada linealmente, radiación visible polarizada linealmente y una fuerza de corte. Además, ordenar al menos parcialmente al menos una parte del material formador de fase de matriz y al menos una parte del material formador de fase huésped puede comprender alinear al menos parcialmente en las partes con un equipo de orientación, como se describe con mayor detalle a continuación.

A continuación, ordenar al menos parcialmente al menos una parte del material que forma la fase de la matriz y al menos una parte del material que forma la fase huésped, al menos una parte del material formador de la fase huésped se separe de al menos una parte del material formador de la fase de matriz mediante al menos uno de separación de fases inducida por polimerización y separación de fases inducida por disolvente. Aunque para claridad, la separación de la matriz y los materiales formadores de fase huésped se describe aquí en relación con el material formador la fase huésped que se separa del material formador la fase matriz, se debe apreciar que este lenguaje está destinado a cubrir cualquier separación entre las dos fases materiales. Es decir, este lenguaje pretende cubrir la separación del material formador la fase huésped del material formador la fase matriz y la separación del material formador la fase matriz del material formador la fase huésped, así como, la separación simultánea de ambos materiales formadores de fase y combinación de los mismos.

De acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el material formador de la fase de matriz puede comprender un material de cristal líquido elegido entre monómeros de cristal líquido, prepolímeros de cristal líquido y polímeros de cristal líquido. Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, el material formador de la fase huésped puede comprender un material de cristal líquido elegido entre mesógenos de cristal líquido, monómeros de cristal líquido y polímeros y prepolímeros de cristal líquido de cadena. Ejemplos no limitantes de tales materiales se exponen en detalle anteriormente.

En una realización no limitante específica, el sistema de polímero separador de fases puede comprender una mezcla de un material formador de fase de matriz que comprende un monómero de cristal líquido, un material formador de fase huésped que comprende mesógenos de cristal líquido y al menos un compuesto fotocromático-dicroico. De acuerdo con esta realización no limitante, hacer que al menos una parte del material formador la fase huésped se separe de al menos una parte del material formador la fase de matriz puede comprender una separación de fase inducida por polimerización. Es decir, al menos una parte del monómero de cristal líquido de la fase de matriz se puede polimerizar y, por lo tanto, separar de al menos una parte de los mesógenos de cristal líquido del material de formación de fase huésped. Los procedimientos de polimerización no limitantes que se pueden usar junto con diversas realizaciones no limitantes descritas en el presente documento incluyen polimerización inducida por foto y polimerización inducida térmicamente.

En otra realización no limitante específica, el sistema de polímero separador de fases puede comprender una mezcla de un material formador de fase de matriz que comprende un monómero de cristal líquido, un material formador de fase huésped que comprende un monómero de cristal líquido que es diferente del monómero de cristal líquido del material formador la fase de matriz, y al menos un compuesto fotocromico-dicroico. Tal como se usa en el presente documento, el término "monómero de cristal líquido de baja viscosidad" se refiere a una mezcla o solución de monómero de cristal líquido que fluye libremente a temperatura ambiente. De acuerdo con esta realización no limitante, hacer que al menos una parte del material formador la fase huésped se separe de al menos una parte del material formador la fase de matriz puede comprender una separación de fase inducida por polimerización. Es decir, al menos una parte del monómero de cristal líquido de la fase de matriz se puede polimerizar en condiciones que no provoquen que el monómero de cristal líquido de la fase huésped se polimerice. Durante la polimerización del material formador la fase de la matriz, el material formador la fase huésped se separará del material formador la fase de la matriz. Posteriormente, el monómero de cristal líquido del material formador la fase huésped se puede polimerizar en un proceso de polimerización separado.

En otra realización no limitante específica, el sistema de polímero separador de fases puede comprender una solución en al menos un disolvente común de un material formador de fase de matriz que comprende un polímero de cristal líquido, un material formador de fase huésped que comprende un polímero de cristal líquido que es diferente del polímero de cristal líquido del material formador la fase de matriz, y al menos un compuesto fotocromico-dicroico. De acuerdo con esta realización no limitante, hacer que al menos una parte del material formador la fase huésped se separe del material formador la fase de matriz puede comprender una separación de fase inducida por disolvente. Es decir, al menos una parte del al menos un disolvente común se puede evaporar a partir de la mezcla de polímeros de cristal líquido, haciendo que las dos fases se separen entre sí.

De acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, la formación del revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado puede comprender además la aplicación de al menos un material anisotrópico a al menos una parte del sustrato, embeber el al menos un compuesto fotocromico-dicroico en al menos una parte del al menos un material anisotrópico, ordenar al menos parcialmente al menos una parte del al menos un material anisotrópico y alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico con al menos una parte del material anisotrópico al menos parcialmente ordenado. Además, aunque de manera no limitante en el presente documento, se puede ordenar al menos parcialmente al menos una parte del material anisotrópico antes de embeber al menos un compuesto fotocromico-dicroico en al menos una parte del mismo. Aún más, aunque no es necesario, el al menos un compuesto fotocromico dicroico puede estar al menos parcialmente alineado mientras está en un estado activado. Los procedimientos no limitantes de aplicar y alinear materiales anisotrópicos se describen a continuación en el presente documento.

Por ejemplo, de acuerdo con una realización no limitante, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico puede embeberse en el material anisotrópico, por ejemplo, aplicando una solución o mezcla del al menos un compuesto fotocromico-dicroico en un vehículo a una parte del material al menos anisotrópico y que permite que al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico se difunda en el material anisotrópico, con o sin calentamiento. Además, de acuerdo con esta realización no limitante, el material anisotrópico puede ser parte de un revestimiento de polímero separado por fases como se ha descrito anteriormente.

Otras realizaciones no limitantes descritas en la presente proporcionan un procedimiento para fabricar un elemento óptico que comprende impartir al menos un equipo de orientación a al menos una parte de un sustrato y formar posteriormente un revestimiento al menos parcial que comprende al menos un dicroico fotocromico al menos parcialmente alineado compuesto en al menos una parte de al menos un equipo de orientación. De acuerdo con esta y otras realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, impartir la al menos un equipo de orientación a la al menos una parte de un sustrato puede comprender al menos uno de: formar un revestimiento al menos parcial que comprende un medio de alineación ordenado al menos parcialmente en al menos una parte del sustrato, aplicar una lámina de polímero al menos parcialmente ordenada a la al menos una parte del sustrato, tratar al menos parcialmente al menos una parte del sustrato, y formando una película Langmuir-Blodgett sobre al menos una parte del sustrato.

De acuerdo con una realización no limitante, impartir al menos un equipo de orientación sobre la al menos una parte del sustrato puede comprender formar un revestimiento al menos parcial que comprende un medio de alineación ordenado al menos parcialmente sobre al menos una parte del sustrato. Además, de acuerdo con esta realización no limitante, formar el revestimiento al menos parcial puede comprender aplicar un medio de alineación a la al menos una parte del sustrato y ordenar al menos parcialmente al menos una parte del medio de alineación. Los procedimientos para ordenar al menos parcialmente al menos parte del medio de alineación que puede usarse junto con esta y otras realizaciones no limitantes descritas en el presente documento incluyen, pero sin limitación, exponer la al menos una parte del medio de alineación a al menos uno de radiación ultravioleta polarizada linealmente, radiación infrarroja polarizada linealmente, radiación visible polarizada linealmente, un campo magnético, un campo eléctrico o una fuerza de corte. Además, ordenar al menos parte del medio de alineación puede comprender tratar al menos parcialmente al menos una parte de una superficie del revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación, por ejemplo y sin limitación, grabar o frotar la al menos una parte del medio de alineación.

Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, de acuerdo con una realización no limitante en la que el equipo de orientación comprende un revestimiento al menos parcial que comprende un medio de alineación que es un material de orientación fotográfica (tal como, pero no limitado a, una red de polímero foto orientable), impartir el equipo de orientación puede comprender formar un revestimiento al menos parcial que
 5 comprende un material de orientación fotográfica sobre al menos una parte del sustrato, y al menos ordenar parcialmente al menos una parte del material de orientación fotográfica exponiendo al menos una parte a la radiación ultravioleta polarizada linealmente. Posteriormente, el al menos un compuesto fotocromico-dicroico se puede aplicar a al menos una parte del material de orientación fotográfica ordenado al menos parcialmente y al menos parcialmente alineado.

Aunque no es necesario, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes, en las que impartir el equipo de orientación comprende formar un revestimiento al menos parcial de un medio de alineación ordenado al menos parcialmente, al menos una parte del medio de alineación puede establecerse al menos parcialmente. Además, al menos parcialmente establecer la al menos una parte del medio de alineación puede ocurrir esencialmente al mismo
 15 tiempo que alinear la al menos una parte del medio de alineación o puede ocurrir después de alinear la al menos una parte del medio de alineación. Aún más, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, ajustar al menos parcialmente la al menos una parte del medio de alineación y curar al menos parcialmente la al menos una parte exponiendo la al menos una parte del medio de alineación a radiación infrarroja, ultravioleta, gamma, microondas o radiación de electrones para iniciar la reacción de polimerización de los
 20 componentes polimerizables o la reticulación con o sin un catalizador o iniciador. Si se desea o se requiere, esto puede ser seguido por una etapa de calentamiento.

Tal como se ha tratado anteriormente, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, después de impartir la facilidad de orientación sobre al menos una parte del sustrato, se forma
 25 un revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado en al menos una parte del equipo de orientación. Los procedimientos para formar al menos revestimientos parciales que comprenden al menos un compuesto fotocromico-dicroico que está alineado al menos parcialmente en al menos una parte del al menos un equipo de orientación incluyen aquellos procedimientos para formar al menos revestimientos parciales que comprenden al menos un compuesto fotocromico-dicroico que está al
 30 menos parcialmente alineado en al menos una parte de un sustrato que se expone anteriormente en detalle.

Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, la formación del revestimiento al menos parcial que comprende el al menos un compuesto fotocromico-dicroico alineado al menos parcialmente pueden incluir, revestimiento por centrifugado, revestimiento por pulverización, revestimiento por pulverización y
 35 centrifugado, recubrimiento con cortina, revestimiento de flujo, revestimiento por inmersión, moldeo por inyección, fundición, revestimiento con rodillo, revestimiento de alambre y sobremoldeo de una composición que comprende el compuesto fotocromico-dicroico sobre el equipo de orientación, y después de eso, alinear al menos una parte del compuesto fotocromico-dicroico con el equipo de orientación y/o con otro material o estructura (tal como un material de transferencia de alineación, si está presente), con o sin exposición a un campo magnético, un campo eléctrico,
 40 radiación infrarroja polarizada linealmente, radiación ultravioleta polarizada linealmente, radiación visible polarizada linealmente o una fuerza de corte.

De acuerdo con una realización no limitante, la formación del revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico que está alineado al menos parcialmente sobre al menos una parte del al menos un equipo de orientación puede comprender aplicar una composición polimerizable, al menos un material anisotrópico, y al menos un compuesto fotocromico-dicroico en al menos una parte del al menos un equipo de
 45 orientación. Posteriormente, al menos una parte del al menos un material anisotrópico puede alinearse al menos parcialmente con al menos una parte del al menos un equipo de orientación y alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico con al menos una parte del material anisotrópico al menos parcialmente alineado. Después de alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un material anisotrópico y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico, al menos una parte del revestimiento al menos parcial puede someterse a un proceso de curado dual, en el que al menos una parte del al menos un material anisotrópico y al menos una parte de la composición polimerizable se establecen al menos parcialmente usando al
 50 menos dos procedimientos de curado. Los ejemplos no limitantes de procedimientos de curado adecuados incluyen exponer el revestimiento al menos parcial a radiación ultravioleta, radiación visible, radiación gamma, radiación de microondas, radiación de electrones o energía térmica.

Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, en una realización, al menos una parte del material anisotrópico puede exponerse a radiación ultravioleta o visible para provocar al menos parcialmente una
 60 parte del al menos un material anisotrópico al menos parcialmente fijado. Posteriormente, A continuación, al menos una parte de la composición polimerizable puede establecerse al menos parcialmente por exposición a energía térmica. Además, aunque no es necesario, al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico puede estar alineado al menos parcialmente con al menos una parte del al menos un material anisotrópico mientras está en un estado activado mediante exposición del revestimiento al menos parcial a radiación ultravioleta suficiente para hacer que el compuesto fotocromico-dicroico pase de un primer estado a un segundo estado, pero insuficiente para fijar el material anisotrópico al menos parcialmente, mientras que el al menos un material anisotrópico está al
 65

menos parcialmente alineado con al menos una parte del al menos un equipo de orientación (como se ha tratado anteriormente).

5 En una realización no limitante específica, la composición polimerizable puede ser monómeros dihidroxilados e isocianato y el al menos un material anisotrópico puede comprender un monómero de cristal líquido. De acuerdo con esta realización no limitante, después de aplicar la composición polimerizable, el material anisotrópico y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico en el equipo de orientación, al menos una parte del material anisotrópico puede estar al menos parcialmente alineada con al menos una parte del al menos un equipo de orientación y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico se puede alinear al menos parcialmente con el material anisotrópico. Además, después de la alineación, al menos una parte del revestimiento puede exponerse a radiación ultravioleta o visible suficiente para causar al menos una parte del material anisotrópico al menos parcialmente fijado. Además, antes, durante o después de ajustar al menos una parte del material anisotrópico, al menos una parte de la composición polimerizable se puede establecer al menos parcialmente exponiendo al menos una parte del revestimiento al menos parcial a la energía térmica.

15 En otra realización no limitante, el proceso de curado dual puede comprender en primer lugar exponer al menos una parte de la composición polimerizable a energía térmica suficiente para causar al menos una parte de la composición polimerizable en al menos parcialmente fraguada. Posteriormente, al menos una parte del al menos un material anisotrópico puede exponerse a la radiación ultravioleta o visible para provocar que al menos una parte del material anisotrópico se fragüe al menos parcialmente. Además, al menos una parte del al menos un material anisotrópico puede estar al menos parcialmente alineada, durante o después de exponer al menos una parte del revestimiento a la energía térmica y antes de al menos establecer parcialmente al menos una parte de al menos un material anisotrópico.

25 En aún otra realización no limitante, el proceso de curado dual puede comprender al menos parcialmente fijar al menos una parte de la composición polimerizable esencialmente al mismo tiempo que al menos fraguar parcialmente al menos una parte del material anisotrópico, por ejemplo, simultáneamente exponer el revestimiento al menos parcial a radiación ultravioleta o visible y energía térmica.

30 Además, como se ha tratado anteriormente en relación con revestimientos que comprenden redes poliméricas interpenetrantes, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, la composición polimerizable puede ser un material isotrópico o un material anisotrópico, con la condición de que el revestimiento al menos parcial que comprende al menos uno al menos el compuesto fotocromico-dicroico parcialmente alineado es, en conjunto, anisotrópico.

35 Adicionalmente, los procedimientos para fabricar elementos y dispositivos ópticos de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes descritas en la presente pueden comprender además formar un revestimiento de imprimación al menos parcial en al menos una parte del sustrato antes de impartir al menos un equipo de orientación al menos una parte del sustrato o antes de formar un revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado sobre el mismo. Además, se puede formar al menos un revestimiento adicional al menos parcial elegido entre revestimientos fotocromicos, revestimientos antirreflectantes, revestimientos de polarización lineal, revestimientos de polarización circular, revestimientos de polarización elíptica, revestimientos de transición, revestimientos de imprimación y revestimientos protectores en al menos una parte de al menos una superficie del sustrato y/o sobre al menos una parte del revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico. Los ejemplos no limitantes de revestimientos de imprimación adecuados, revestimientos fotocromicos, revestimientos antirreflectantes, revestimientos de polarización lineal, revestimientos de transición, revestimientos de imprimación y revestimientos protectores se describen todos anteriormente.

50 Otras realizaciones no limitantes descritas en el presente documento proporcionan procedimientos para hacer que un elemento óptico comprenda formar un revestimiento al menos parcial en al menos una parte de un sustrato y adaptar al menos una parte del revestimiento al menos parcial para cambiar de un primer estado a un segundo estado de polarización lineal en respuesta a la radiación actínica y para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica. De acuerdo con una realización no limitativa que forma el revestimiento al menos parcial en al menos una parte del sustrato y que adapta la al menos una parte del revestimiento al menos parcial para cambiar de un primer estado a un segundo estado de polarización lineal en respuesta a actínico la radiación y para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica puede ocurrir esencialmente al mismo tiempo. De acuerdo con otra realización no limitante, la formación del revestimiento al menos parcial en al menos una parte del sustrato se produce antes de adaptar la al menos una parte del revestimiento al menos parcial para cambiar de un primer estado a un segundo estado de polarización lineal en respuesta a la radiación actínica y para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica. De acuerdo con aún otra realización no limitante, la formación del revestimiento al menos parcial en al menos una parte del sustrato se produce después de adaptar la al menos una parte del revestimiento al menos parcial para cambiar de un primer estado a un segundo estado de polarización lineal en respuesta a la radiación actínica y para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica.

65 La formación del revestimiento al menos parcial en al menos una parte del sustrato comprende aplicar al menos un

material anisotrópico y al menos un compuesto fotocromático-dicroico a al menos una parte del sustrato, y adaptar al menos una parte del revestimiento al menos parcial para pasar de un primer estado a un segundo estado de polarización lineal en respuesta a la radiación actínica y para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica comprende alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico. Además, alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico comprende ordenar al menos parcialmente al menos una parte del al menos un material anisotrópico y alinear al menos parcialmente el al menos un compuesto fotocromático-dicroico con al menos un al menos una parte de al menos parcialmente ordenado al menos un material anisotrópico. Aún más, aunque no es necesario, el al menos un compuesto fotocromático dicroico puede estar al menos parcialmente alineado mientras está en un estado activado, por ejemplo, exponiendo el compuesto fotocromático-dicroico a la radiación actínica suficiente para provocar que el compuesto fotocromático-dicroico cambie de un primer estado a un segundo estado mientras se alinea el compuesto fotocromático-dicroico.

La formación del revestimiento al menos parcial en al menos una parte del sustrato puede comprender además aplicar un medio de alineación a la al menos una parte del sustrato, y adaptar al menos una parte del revestimiento al menos parcial para pasar de un primer estado a un segundo estado de polarización lineal en respuesta a la radiación actínica y para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica puede comprender ordenar al menos parcialmente al menos una parte del medio de alineación, aplicar al menos un compuesto fotocromático-dicroico a al menos un parte del revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación, y al menos parcialmente alineando al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico.

En el presente documento, la aplicación del al menos un compuesto fotocromático-dicroico a al menos una parte del revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación ordenado al menos parcialmente comprende formar un revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromático-dicroico y al menos uno material anisotrópico sobre al menos una parte del revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación ordenado al menos parcialmente. Además, alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede comprender alinear al menos una parte del al menos un material anisotrópico con al menos una parte del medio de alineación ordenado al menos parcialmente. Además, aunque no es necesario, al menos una parte del revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación puede establecerse al menos parcialmente antes de aplicar el al menos un compuesto fotocromático-dicroico.

Adicionalmente o como alternativa, el al menos un compuesto fotocromático-dicroico se puede aplicar a por lo menos una parte del revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación ordenado al menos por imbibición. Se describen técnicas de imbibición adecuadas, por ejemplo, las patentes de Estados Unidos n.º 5.130.353 y 5.185.390, cuyas especificaciones se incorporan específicamente por referencia en el presente documento. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el compuesto fotocromático-dicroico se puede aplicar al menos a una parte del revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación ordenado al menos parcialmente mediante la aplicación del al menos un compuesto fotocromático-dicroico, ya sea como el puro compuesto fotocromático-dicroico o disuelto en un vehículo polimérico u otro disolvente orgánico, y que permite que el compuesto fotocromático-dicroico se difunda en al menos una parte del revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación ordenado al menos parcialmente, con o sin calentamiento. Además, si se desea, el al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede exponerse a una radiación actínica suficiente para hacer que el al menos un compuesto fotocromático cambie de un primer estado a un segundo estado durante la difusión.

Otras realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento proporcionan un procedimiento para fabricar un elemento óptico que comprende formar un revestimiento al menos parcial que comprende un medio de alineación en al menos una parte de al menos una superficie de un sustrato y ordenar al menos parcialmente al menos una parte del medio de alineación, formar al menos un revestimiento al menos parcial que comprende un material de transferencia de alineación sobre al menos una parte del revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación y alinear al menos parcialmente una parte del material de transferencia de alineación con al menos una parte del medio de alineación ordenado al menos parcialmente y formar un revestimiento al menos parcial que comprende un material anisotrópico y al menos un compuesto fotocromático-dicroico en al menos una parte del material de transferencia de alineación, alineando al menos parcialmente al menos una parte del anisotrópico material con al menos una parte del material de transferencia de alineación al menos parcialmente alineado, y al menos alinear parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico con al menos una parte del material anisotrópico al menos parcialmente alineado.

Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, formar al menos un revestimiento al menos parcial que comprende el material de transferencia de alineación puede comprender formar un primer revestimiento al menos parcial que comprende un material de transferencia de alineación, teniendo el primer revestimiento al menos parcial un espesor de 2 a 8 μm (micras), alineando al menos parcialmente al menos una parte del material de transferencia de alineación del primer revestimiento al menos parcial con al menos una parte del medio de alineación ordenado al menos parcialmente, y al menos parcialmente ajustando a al menos una parte del material de transferencia de alineación, al menos parcialmente ordenado, del primer revestimiento al menos parcial. Posteriormente, puede aplicarse un segundo revestimiento al menos parcial

que tiene un espesor que varía desde más de 5 a 20 μm (micrómetros) y que comprende un material de transferencia de alineación a al menos una parte del primer revestimiento al menos parcial y al menos una parte del El material de transferencia de alineación del segundo revestimiento al menos parcial puede alinearse al menos parcialmente con al menos una parte del material de transferencia de alineación al menos parcialmente alineado del primer revestimiento al menos parcial.

Todavía otras realizaciones no limitantes descritas en el presente documento proporcionan un procedimiento para fabricar un elemento óptico compuesto que comprende conectar al menos una lámina polimérica ordenada al menos parcialmente a al menos una parte de un sustrato, comprendiendo la lámina polimérica ordenada al menos parcialmente al menos una al menos una compuesto fotocromico-dicroico parcialmente alineado conectado a al menos una parte del mismo y que tiene una relación de absorción promedio mayor que 2,3 en un estado activado como se determina de acuerdo con el PROCEDIMIENTO DE CELDA. Aunque sin limitarse al presente documento, de acuerdo con esta realización no limitante, la al menos una lámina polimérica ordenada al menos parcialmente puede comprender, por ejemplo, una lámina de polímero estirada, una lámina de polímero fotoorientada, un polímero separado parcialmente en fase ordenado hoja, o una combinación de los mismos.

Otras realizaciones no limitantes descritas aquí proporcionan un procedimiento para fabricar un elemento óptico compuesto que comprende conectar una lámina que comprende un polímero de cristal líquido ordenado al menos parcialmente que tiene al menos una primera dirección general, un material de cristal líquido ordenado al menos parcialmente distribuido en al menos una parte del polímero de cristal líquido ordenado al menos parcialmente, y al menos un compuesto fotocromico-dicroico que está al menos parcialmente alineado con el material de cristal líquido ordenado al menos una parte del sustrato. Además, de acuerdo con esta realización no limitante, el material de cristal líquido ordenado al menos parcialmente distribuido dentro de al menos una parte del polímero de cristal líquido ordenado al menos parcialmente puede tener al menos una segunda dirección general que es generalmente paralela a al menos la primera dirección general del polímero de cristal líquido.

Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, de acuerdo con una realización no limitante, formar la lámina puede comprender aplicar un sistema de polímero separador de fases que comprende un material formador de fase de matriz que comprende un material de cristal líquido, un material formador de fase huésped que comprende un material de cristal líquido y al menos un compuesto fotocromico-dicroico sobre al menos una parte de un sustrato. Posteriormente, al menos una parte del material formador de fase de matriz y al menos una parte del material formador de fase huésped puede ordenarse al menos parcialmente, y al menos una parte de al menos un compuesto fotocromico-dicroico puede estar al menos parcialmente alineado con al menos una parte del material de formación de la fase huésped. Después de la alineación, al menos una parte del material formador de la fase huésped se puede separar de al menos una parte del material formador de la fase de matriz mediante al menos uno de separación de fases inducida por polimerización y separación de fases inducida por disolvente, y el revestimiento de polímero separado por fases ordenado al menos parcialmente se puede eliminar del sustrato para formar la lámina.

Como alternativa, el revestimiento de polímero separado por fases se puede eliminar del sustrato para formar la lámina, ordenarse y alinearse como se ha tratado anteriormente, y luego retirarse del sustrato para formar una lámina de polímero separada por fases. Posteriormente, se puede embeber al menos un compuesto fotocromico-dicroico en al menos una parte de la lámina. Como alternativa o además, se puede embeber al menos un compuesto fotocromico-dicroico en el revestimiento antes de retirar el revestimiento del sustrato para formar la lámina.

De acuerdo con otra realización no limitante que forma la lámina puede comprender: formar una lámina de polímero de cristal líquido ordenada al menos parcialmente y embeber mesógenos de cristal líquido y al menos un compuesto fotocromico-dicroico en al menos una parte del cristal líquido ordenado al menos parcialmente hoja de polímero. Por ejemplo, de acuerdo con esta realización no limitante, se puede formar una lámina que comprende un polímero de cristal líquido y al menos parcialmente ordenar por un procedimiento de formación de una lámina de polímero que puede ordenar al menos parcialmente el polímero de cristal líquido durante la formación, por ejemplo mediante extrusión. Como alternativa, un polímero de cristal líquido puede moldearse sobre un sustrato y ordenarse al menos parcialmente mediante uno de los procedimientos no limitantes de materiales de cristal líquido ordenados, al menos parcialmente, expuestos anteriormente. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, al menos una parte del material de cristal líquido puede exponerse a un campo magnético o eléctrico. Después de ordenarse al menos parcialmente, el polímero de cristal líquido puede ser al menos parcialmente fraguado y retirado del sustrato para formar una lámina que comprende una matriz de polímero de cristal líquido ordenada al menos parcialmente. Aún más, una lámina de polímero de cristal líquido se puede colar, al menos parcialmente fraguar, y posteriormente estirar para formar una lámina que comprende un polímero de cristal líquido ordenado al menos parcialmente.

Después de formar la lámina que comprende el polímero de cristal líquido ordenado al menos parcialmente, se puede embeber al menos un mesógeno de cristal líquido y al menos un compuesto fotocromico-dicroico en al menos una parte de la matriz de polímero de cristal líquido. Por ejemplo, aunque de manera no limitante en el presente documento, el al menos un mesógeno de cristal líquido y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico pueden embeberse en al menos una parte del polímero de cristal líquido aplicando una solución o mezcla de ese al menos

un cristal líquido mesógeno y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico en un vehículo a una parte del polímero de cristal líquido y, posteriormente, permitir que al menos una parte del al menos un mesógeno de cristal líquido y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico se difundan en la lámina de polímero de cristal líquido, con o sin calentamiento. Como alternativa, la lámina que comprende el polímero de cristal líquido puede sumergirse en una solución o mezcla del al menos un mesógeno de cristal líquido y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico en un vehículo y el al menos un mesógeno de cristal líquido y el al menos un El compuesto fotocromico dicroico se puede embeber en la lámina de polímero de cristal líquido por difusión, con o sin calentamiento.

De acuerdo con aún otra realización no limitante, la formación de la lámina puede comprender formar una lámina de polímero de cristal líquido, embeber al menos una parte de la lámina de polímero de cristal líquido con al menos un mesógeno de cristal líquido y al menos un compuesto fotocromico-dicroico (por ejemplo como se ha tratado anteriormente), y a continuación, ordenando al menos parcialmente al menos una parte del polímero de cristal líquido, al menos una parte del al menos un mesógeno de cristal líquido, y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico distribuido en el mismo. Aunque sin limitarse al presente documento, por ejemplo, al menos una parte de la lámina de polímero de cristal líquido, al menos una parte del al menos un mesógeno de cristal líquido, y al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico distribuido en la misma puede ser al menos parcialmente ordenado estirando la lámina de polímero de cristal líquido. De acuerdo adicionalmente con esta realización no limitante, la lámina de polímero de cristal líquido se puede formar usando técnicas de procesamiento de polímero convencionales, tal como, pero sin limitación, extrusión y colada.

En aún otra realización no limitante, se aplica al sustrato una lámina de polímero orientada por fotografía que comprende un revestimiento al menos parcial de un material anisotrópico y al menos un compuesto fotocromico-dicroico. Por ejemplo, de acuerdo con esta realización no limitante, la lámina de polímero orientada a la fotografía se puede formar aplicando una capa al menos parcial de una red de polímero foto orientable sobre una capa de liberación y posteriormente ordenar y curar al menos parcialmente al menos una parte de la red de polímero foto orientable; formando un revestimiento al menos parcial de un material anisotrópico y al menos un compuesto fotocromico-dicroico sobre al menos una parte de la capa al menos parcial que comprende la red de polímero foto orientable, alineando al menos parcialmente al menos una parte del material anisotrópico y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico con al menos una parte de la red de polímero foto orientable, y al menos parcialmente curado de al menos una parte del material anisotrópico. La capa de liberación se puede eliminar entonces y la capa al menos parcial de la red de polímero orientable fotográficamente que comprende el revestimiento al menos parcial del material anisotrópico y el al menos un compuesto dicroico fotocromico de la capa de liberación forma al menos parcialmente ordenado. hoja polimérica.

Además, de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, la conexión de la lámina polimérica que comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado a al menos una parte del sustrato puede comprender, por ejemplo, al menos uno de: laminación, fusión, fundición en molde y unión adhesiva de la lámina polimérica a la al menos una parte del sustrato. Tal como se usa en el presente documento, la fundición en molde incluye diversas técnicas de fundición, tales como, pero sin limitación: sobremoldeado, en el que a lámina se coloca en un molde y el sustrato se forma (por ejemplo por fundición) sobre al menos una parte de la lámina; y moldeo por inyección, en el que el sustrato se forma alrededor de la lámina. De acuerdo con una realización no limitante, la lámina polimérica se puede laminar sobre una superficie de una primera parte del sustrato, y la primera parte del sustrato se puede colocar en un molde. Posteriormente, puede formarse una segunda parte del sustrato (por ejemplo, mediante moldeo) en la parte superior de la primera parte del sustrato de manera que la capa polimérica se encuentre entre las dos partes del sustrato.

Otra realización específica no limitante proporciona un procedimiento para fabricar un elemento óptico que comprende sobremoldear un revestimiento al menos parcial que comprende un material de cristal líquido ordenado al menos parcialmente y al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado en al menos una parte de un óptico sustrato, y más particularmente, en al menos una parte de un sustrato oftálmico. En referencia ahora a la Figura 2, de acuerdo con esta realización no limitante, el procedimiento comprende colocar al menos una parte de una superficie **210** de un sustrato óptico **212** adyacente a una superficie **214** de un molde transparente **216** para definir una región de moldeo **217**. La superficie **214** de molde transparente **216** puede ser cóncavo o esféricamente negativo (como se muestra), o puede tener otra configuración según se requiera. Además, aunque no es necesario, una junta o espaciador **215** se puede colocar entre sustrato óptico **212** y molde transparente **216**. Después de colocar el sustrato óptico **212**, un material de cristal líquido **218** que contiene al menos un compuesto fotocromico-dicroico (no mostrado) puede introducirse en la región de moldeo **217** definido por la superficie **210** del sustrato óptico **212** y la superficie **214** del molde transparente **216**, de manera que al menos una parte del material de cristal líquido **218** se hace fluir entre ellos. Posteriormente, al menos una parte del al menos un material de cristal líquido **218** puede estar al menos parcialmente ordenado, por ejemplo, por exposición a un campo eléctrico, un campo magnético, radiación infrarroja polarizada linealmente, radiación infrarroja polarizada linealmente, radiación ultravioleta polarizada linealmente y/o radiación visible polarizada linealmente, y al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico puede estar al menos parcialmente alineado con al menos una parte del material de cristal líquido ordenado al menos parcialmente. Posteriormente, el material de cristal líquido puede polimerizarse al menos parcialmente. Después de la polimerización, teniendo el sustrato óptico el revestimiento al menos parcial que comprende un material de cristal líquido ordenado al menos parcialmente y el al

menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado en al menos una parte de una superficie del mismo puede liberarse del molde.

5 Como alternativa, el material de cristal líquido **218** que contiene al menos un compuesto fotocromico-dicroico se puede introducir en la superficie **214** del molde transparente **216** antes de colocar al menos una parte de la superficie **210** del sustrato óptico **212** adyacente al mismo de manera que al menos una parte de la superficie **210** contacta al menos con una parte del material de cristal líquido **218**, haciendo, de este modo, que el material de cristal líquido **218** fluya ntre la superficie **210** y la superficie **214**. Posteriormente, el material de cristal líquido **218** se puede ordenar al menos parcialmente, y al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico se puede alinear al menos parcialmente como se discutió anteriormente. Después de la polimerización de al menos una parte del material de cristal líquido, teniendo el sustrato óptico el revestimiento al menos parcial que comprende un material de cristal líquido ordenado al menos parcialmente y el al menos un compuesto fotocromico-dicroico al menos parcialmente alineado en al menos una parte de una superficie del mismo puede liberarse del molde.

15 De acuerdo con otras realizaciones no limitantes más, un revestimiento al menos parcial que comprende materiales de cristal líquido ordenado al menos parcialmente, sin el compuesto fotocromico-dicroico, se puede formar sobre la superficie de un sustrato óptico como se ha tratado anteriormente. Después de liberar el sustrato y el revestimiento del molde, se puede embeber al menos un compuesto fotocromico-dicroico en el material de cristal líquido ordenado al menos parcialmente.

20 Aunque no se muestra en la figura 2, adicionalmente o como alternativa, se puede impartir un equipo de orientación que tenga al menos una primera dirección general sobre al menos una parte de la superficie del molde transparente antes de introducir el material de cristal líquido en el molde y/o sobre al menos una parte de la superficie del sustrato óptico antes de poner en contacto la superficie del sustrato óptico con el material de cristal líquido. Además, de acuerdo con esta realización no limitante, ordenar al menos parcialmente al menos una parte del material de cristal líquido puede comprender alinear al menos parcialmente al menos una parte del material de cristal líquido con al menos una parte del al menos un equipo de orientación en la superficie del molde y/o al menos una parte del al menos un equipo de orientación en la superficie del sustrato óptico.

30 Aunque sin limitarse al presente documento, se contempla que los procedimientos de moldeo en exceso mencionados anteriormente para hacer revestimientos al menos parciales pueden ser particularmente útiles en la formación de revestimientos en lentes oftálmicas multifocales, o para formar revestimientos al menos parciales para otras aplicaciones en las que deseado.

35 Como se ha analizado anteriormente, varias realizaciones no limitantes descritas en el presente documento se refieren a elementos y dispositivos de visualización. Además, como se ha analizado anteriormente, como se usa en el presente documento el término "visualización" significa la representación visible de la información en palabras, números, símbolos, diseños o dibujos. Los ejemplos no limitantes de elementos y dispositivos de visualización incluyen pantallas, monitores y elementos de seguridad. Los ejemplos no limitantes de elementos de seguridad incluyen marcas de seguridad y marcas de autenticación que se conectan a al menos una parte del sustrato, tales como y sin limitación: tarjetas de acceso y pases, por ejemplo, entradas, insignias, tarjetas de identificación o membresía, tarjetas de débito, etc.; instrumentos negociables e instrumentos no negociables, por ejemplo, letras de cambio, cheques, bonos, billetes, certificados de depósito, certificados de acciones, etc.; documentos gubernamentales, por ejemplo, monedas, licencias, tarjetas de identificación, tarjetas de beneficio, visados, pasaportes, certificados oficiales, escrituras, etc.; bienes de consumo, por ejemplo, software, discos compactos ("CD"), discos de video digital ("DVD"), accesorios, electrónica de consumo, artículos deportivos, coches, etc.; tarjetas de crédito; y etiquetas para mercancías, etiquetas y envases.

50 Por ejemplo, en una realización no limitante, el elemento de visualización es un elemento de seguridad conectado a al menos una parte de un sustrato. De acuerdo con esta realización no limitativa, el elemento de seguridad comprende un revestimiento al menos parcial que tiene un primer estado y un segundo estado, y que está adaptado para cambiar de un primer estado a un segundo estado en respuesta a al menos radiación actínica, para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica, y polarizar linealmente al menos la radiación transmitida en al menos uno del primer estado y el segundo estado. Ejemplos no limitantes de revestimientos al menos parciales adaptados para cambiar de un primer estado a un segundo estado en respuesta a al menos radiación actínica, para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica, y polarizar linealmente al menos la radiación transmitida en al menos uno del primer estado y el segundo estado, y procedimientos para hacer lo mismo se han expuesto anteriormente con detalle.

60 De acuerdo con esta realización no limitante, el elemento de seguridad puede ser una marca de seguridad y/o una marca de autenticación. Además, el elemento de seguridad puede conectarse a al menos una parte de un sustrato seleccionado entre un sustrato transparente y un sustrato reflectante. Como alternativa, de acuerdo con ciertas realizaciones no limitantes en donde se requiere un sustrato reflectante, si el sustrato no es reflectante o suficientemente reflectante para la aplicación prevista, puede aplicarse primero un material reflectante a al menos una parte del sustrato antes de que la marca de seguridad se aplique al mismo. Por ejemplo, puede aplicarse un revestimiento de aluminio reflectante a la al menos una parte del sustrato antes de la formación del elemento de

seguridad sobre el mismo. Aún más, el elemento de seguridad puede conectarse a al menos una parte de un sustrato seleccionado entre sustratos no teñidos, sustratos teñidos, sustratos fotocromáticos, sustratos fotocromáticos teñidos, sustratos de polarización lineal, sustratos de polarización circular y sustratos de polarización elíptica.

5 Adicionalmente, los revestimientos al menos parciales de acuerdo con la realización no limitativa mencionada anteriormente pueden comprender al menos un compuesto fotocromático-dicroico que tiene una relación de absorción media de al menos 1,5 en un estado activado como se determina de acuerdo con el procedimiento DE CELDA. De acuerdo con otras realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento, el al menos un compuesto fotocromático-dicroico puede tener una relación de absorción promedio mayor de 2,3 en un estado activado según se
10 determina de acuerdo con el procedimiento DE CELDA. De acuerdo con otras realizaciones no limitantes más, el al menos un compuesto fotocromático-dicroico alineado al menos parcialmente puede tener una relación de absorción promedio variable entre 1,5 y 50 en un estado activado, según se determina de acuerdo con el procedimiento DE CELDA. De acuerdo con otras realizaciones no limitantes, el al menos un compuesto fotocromático-dicroico alineado al menos parcialmente puede tener una relación de absorción promedio variable entre 4 y 20, puede tener además una relación de absorción promedio variable entre 3 y 30 y todavía más puede tener una relación de absorción promedio variable entre 2,5 y 50 en un estado activado, según se determina de acuerdo con el procedimiento DE CELDA. Sin embargo, hablando de manera general, la relación de absorción promedio del al menos un compuesto fotocromático-dicroico al menos parcialmente alineado puede ser cualquier relación de absorción promedio que sea suficiente para impartir las propiedades deseadas al dispositivo o elemento. Los ejemplos no limitantes de compuestos dicroicos-fotocromáticos que son adecuados para uso junto con esta realización no limitante se exponen anteriormente con detalle.

Además, los elementos de seguridad de acuerdo con la realización no limitante anteriormente mencionada comprende uno o más revestimientos adicionales o láminas para formar un elemento de seguridad reflectante multicapa con características dependientes del ángulo de visión según se describe en la patente de los Estados Unidos 6.641.874, que se incorporan en el presente documento específicamente por referencia. Por ejemplo, una realización no limitante proporciona un elemento de seguridad conectado a al menos una parte de un sustrato que comprende un revestimiento al menos parcial que tiene un primer estado y un segundo estado, y que está adaptado para cambiar de un primer estado a un segundo estado en respuesta a al menos radiación actínica, para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica, y polarizar linealmente al menos la radiación transmitida en al menos uno del primer estado y el segundo estado en al menos una parte del sustrato; y al menos un revestimiento o lámina adicional, al menos parcial, elegido entre revestimientos o láminas polarizantes, revestimientos o láminas fotocromáticas, revestimientos o láminas reflectantes, revestimientos o láminas teñidas, revestimientos o láminas de polarización circular, revestimientos o láminas retardantes (es decir, revestimientos o láminas que retrasar o retardar la radiación de propagación a su través), y revestimientos u láminas de visión gran angular (es decir, revestimientos u láminas que mejorar el ángulo de visión). Además, de acuerdo con esta realización no limitante, el al menos un revestimiento o lámina al menos parcial adicional puede estar sobre el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado, bajo este revestimiento parcial mínimo, o revestimiento múltiple y/o las láminas pueden colocarse sobre y/o debajo de este revestimiento.

Otras realizaciones no limitantes proporcionan una celda de cristal líquido, que puede ser un elemento o dispositivo de visualización, que comprende un primer sustrato que tiene una primera superficie y un segundo sustrato que tiene una segunda superficie, donde la segunda superficie del segundo sustrato es opuesta y está separada desde la primera superficie del primer sustrato para definir una región abierta. Además, de acuerdo con esta realización no limitante, un material de cristal líquido adaptado para ser al menos parcialmente ordenado y al menos un compuesto fotocromático-dicroico adaptado para estar al menos parcialmente alineado y tener una relación de absorción promedio de al menos 1.5 en el estado activado según se determina de acuerdo con el procedimiento DE CÉLULA posicionado dentro de la región abierta definida por la primera superficie y la segunda superficie para formar la célula de cristal líquido.

De acuerdo adicionalmente con esta realización no limitante, el primer sustrato y el segundo sustrato se pueden elegir independientemente de sustratos no teñidos, sustratos teñidos, sustratos fotocromáticos, sustratos fotocromáticos teñidos y sustratos linealmente polarizantes.

55 Las células de cristal líquido de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento pueden comprender además un primer equipo de orientación colocado adyacente a la primera superficie y un segundo equipo de orientación colocado adyacente a la segunda superficie. Como se ha analizado anteriormente, es posible alinear un material de cristal líquido con una superficie orientada. Por lo tanto, de acuerdo con esta realización no limitante, al menos una parte del material de cristal líquido de la célula de cristal líquido puede estar al menos parcialmente alineada con al menos una parte de las equipos de orientación primera y segunda.

Aún más, un primer electrodo puede colocarse adyacente a al menos una parte de la primera superficie, un segundo electrodo puede colocarse adyacente al menos a una parte de la segunda superficie, y la celda de cristal líquido puede formar al menos una parte de un circuito eléctrico. Además, si está presente un equipo de orientación (como se ha tratado anteriormente), el electrodo se puede interponer entre el equipo de orientación y la superficie del

sustrato.

- Adicionalmente, las células de cristal líquido de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes descritas en la presente pueden comprender además un revestimiento o lámina al menos parcial elegida entre revestimientos u láminas polarizados linealmente, revestimientos o láminas fotocromicas, revestimientos o láminas reflectantes, revestimientos o láminas teñidas, revestimientos o láminas de polarización circular, revestimientos o láminas de polarización elíptica, revestimientos o láminas retardantes y revestimientos o láminas de visión granangular conectados a al menos una parte de una superficie de al menos uno del primer sustrato y el segundo sustrato.
- Otras realizaciones no limitantes descritas en el presente documento proporcionan un elemento óptico que comprende un sustrato y un revestimiento al menos parcial que tiene un primer estado y un segundo estado en al menos una parte del sustrato, comprendiendo el revestimiento al menos parcial un cristal líquido nemático o colestérico quiral material que tiene moléculas que están dispuestas helicoidalmente a través del espesor del revestimiento al menos parcial; y al menos un compuesto dicroico fotocromico que está al menos parcialmente alineado con el material de cristal líquido de manera que el eje largo de las moléculas del compuesto fotocromico-dicroico son generalmente paralelos a las moléculas del material de cristal líquido. De acuerdo con esta realización no limitante, el revestimiento al menos parcial puede adaptarse para polarizarse circularmente o polarizarse elípticamente en al menos un estado.
- Varias realizaciones no limitantes desveladas en el presente documento se ilustrarán a continuación en los siguientes ejemplos no limitantes.

Ejemplos

25 Ejemplo 1:

- Los sustratos de muestra que tienen un revestimiento que comprende un material anisotrópico alineado y un compuesto fotocromico-dicroico que estaba al menos parcialmente alineado en el estado activado conectado al mismo se prepararon de la siguiente manera. Un sustrato comparativo que tiene un revestimiento que comprende un material anisotrópico alineado y un colorante fotocromico disponible comercialmente que estaba al menos parcialmente alineado en el estado activado conectado al mismo también se preparó de la siguiente manera.

Parte A: Preparación de soluciones de materiales anisotrópicos

- 35 Cada uno de los monómeros de cristal líquido enumerados en la Tabla I se añadieron a un vaso de precipitados en el orden indicado con agitación:

Tabla I:

Monómero de cristal líquido	Cantidad (g)
RM 23 ¹	3,25
RM 257 ²	3,25
RM 82 ³	3,25
RM 105 ⁴	3,25

¹ RM 23 es un monómero de cristal líquido (LCM) disponible en EMD Chemicals, Inc y se informa que tiene la fórmula molecular de C₂₃H₂₃NO₅.

² RM 257 es un monómero de cristal líquido (LCM) disponible en EMD Chemicals, Inc y se informa que tiene la fórmula molecular de C₃₃H₃₂O₁₀

³ RM 82 es un monómero de cristal líquido (LCM) disponible en EMD Chemicals, Inc y se informa que tiene la fórmula molecular de C₃₉H₄₄O₁₀.

⁴ RM 105 es un monómero de cristal líquido (LCM) disponible en EMD Chemicals, Inc y se informa que tiene la fórmula molecular de C₂₃H₂₆O₆.

- 40 Después se añadió anisol (7,0 gramos) al vaso de precipitados y la mezcla resultante se calentó a 60°C y se agitó hasta que los sólidos se disolvieron según se determinó por observación visual. La solución de monómero de cristal líquido resultante (LCMS) tenía 65 por ciento de sólidos.

Parte B: Preparación de compuestos fotocromicos-dicroicos

- 45 Los siguientes tres (3) compuestos dicroicos fotocromicos (P/D-1, P/D-2, y P/D-3, respectivamente) se prepararon de la siguiente manera.

P/D-1Etapa 1

5 1-fenil-1-(4-fenilpiperazin-1-il)fenil)-prop-2-in-1-ol (15,8 g, 49,4 mmol), 2,3-dimetoxi-7,7-dimetil-7H-benzo[c]fluoren-5-
ol (17,4 g, 54,3 mmol) y cloroformo (400 ml) se añadieron a un matraz de 1000 ml equipado con un embudo de
goteo y se agitó a temperatura ambiente. Se añadió gota a gota una solución de cloroformo de ácido trifluoroacético
(0,5 g, 4,4 mmol, en 20 ml de cloroformo) al matraz de reacción a través del embudo de goteo. Se obtuvo un color
10 gris después de la adición. La mezcla de reacción resultante se calentó a reflujo durante 6 horas y luego se agitó
durante la noche a temperatura ambiente. La solución de cloroformo se lavó con una solución acuosa saturada de
bicarbonato sódico, se secó sobre sulfato de magnesio y se concentró. El producto se recrystalizó en CHCl₃/éter
etílico. Se obtuvo un sólido blanquecino (26,3 g, rendimiento del 91 %). Un espectro de RMN mostró que el producto
tenía una estructura consistente con 3-fenil-3- (4- (4-fenil-piperazin-1-il) fenil) -13,13-dimetil-6,7-dimetoxi-indeno [2',
3': 3,4] nafto [1,2-b] pirano.

Etapa 2

En atmósfera de nitrógeno a temperatura ambiente, 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6,7-
dimetoxi-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano de la etapa 1 (12 g, 17,9 mmol), 1-(4-hidroxifenil)piperazina (9,56 g, 53,7
20 mmol) y THF (200 ml) se añadieron a un matraz de 1 litro equipado con un embudo de decantación y se agitó. Se
añadió una solución 1,6 M de metil litio en éter etílico (67 ml) lenta y cuidadosamente a través del embudo de
decantación. Se usó un baño de hielo ocasionalmente cuando la mezcla comenzó a hervir. Durante y después de la
adición de metil litio, se produjo una gran cantidad de precipitado dentro del matraz. Treinta minutos después de la
adición de metil litio, la mezcla de reacción se vertió en un vaso de precipitados de 4 l que contenía 3 l de agua
25 helada. La mezcla básica se acidificó a un valor de pH de aproximadamente 4 mediante la adición de HCl 3N. El
precipitado obtenido se recogió mediante filtración al vacío, se disolvió en cloroformo, se secó sobre sulfato de
magnesio, se concentró y se sometió a cromatografía ultrarrápida. Se obtuvo un sólido gris (12,6 g, rendimiento 86
) como producto. Un espectro de RMN mostró que el producto resultante tenía una estructura consistente con 3-
fenil-3- (4- (4-fenil-piperazin-1-il) fenil) -13,13-dimetil-6-metoxi-7- (4 - (4-hidroxifenil) -piperazin-1-il) -indeno [2', 3':
30 3,4] nafto [1,2-b] pirano.

Etapa 3

3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-hidroxifenil)-piperazin-1-il)-
35 indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano de la etapa 2 (0,67 g, 0,82 mmol), ácido 4-n-octiloxibifenil-4'-carboxílico (0,296 g,
0,9 mmol), dicitohexil carbodiimida (0,19 g, 1 mmol), 4-(dimetilamino)-piridina (0,01 g, 0,08 mmol) y diclorometano
(10 ml) se añadieron a un matraz y se agitó a temperatura ambiente durante 24 horas. El sólido producido se retiró
por filtración y la solución restante se concentró. El producto en bruto sólido resultante se purificó por cromatografía
ultrarrápida (2/8 acetato de etilo/hexanos, relación de volumen). El sólido recuperado se purificó adicionalmente por
40 disolución en CHCl₃ y la precipitación de metanol produjo un sólido púrpura grisáceo (0,81 g, rendimiento del 88 %).

Un espectro de RMN mostró que el producto final tenía una estructura consistente con 3-fenil-3- (4- (4-fenilpiperazin-
1-il) fenil) -13,13-dimetil-6-metoxi-7- (4- (4- (4'-octiloxibifenil-4-carboniloxi) fenil) piperazin-1-il) indeno [2', 3': 3,4]
nafto [1,2-b] pirano.

P/D-2Etapa 1

50 Se añadieron ácido 4-hidroxibenzoico (45 g, 0,326 moles), ácido dodecilbencenosulfónico (2 gotas) y éter etílico (500
ml) a un matraz y se agitó a temperatura ambiente. Se añadió dihidropirano puro (DHP) (35 ml, 0,39 mol) gota a gota
a través de un embudo de decantación dentro de un intervalo de 30 minutos y se formó un precipitado cristalino
blanco. La suspensión resultante se agitó durante la noche y el precipitado se recogió mediante filtración al vacío. Se
recuperó un producto sólido blanco (41 g). Un espectro de RMN mostró que el producto resultante tenía una
55 estructura consistente con ácido 4- (2-tetrahidro-2H-piranoxi) benzoico.

Etapa 2

Se utilizó el procedimiento establecido anteriormente para P/D-1 excepto que se utilizó el producto de la etapa 1
60 (anterior) en lugar del ácido 4-n-octiloxibifenil-4'-carboxílico en el Etapa 3 del procedimiento para P/D- 1, y la
cromatografía ultrarrápida en gel de sílice no se usó para la purificación del producto. En su lugar, el producto se
purificó mediante una técnica de disolución en cloroformo seguido de precipitación en metanol. Un espectro RMN
mostró que el producto resultante, un sólido negro, tenía una estructura consistente con 3-fenil-3-(4-(4-fenil-
piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(2-tetrahidro-2H-piranoxi)benzoiloxi)fenil)piperazin-1-
65 il)indeno[2',3':3,4] nafto[1,2-b]pirano.

Etapa 3

El producto de la Etapa 2 (11 g), p-toluenosulfonato de piridinio (0,27 g), acetato de etilo (250 ml) y metanol (40 ml) se añadieron a un matraz de reacción y se calentó a reflujo durante 24 horas. La mezcla de reacción resultante se extrajo con agua, se secó sobre sulfato de magnesio, se concentró y se sometió a cromatografía ultrarrápida usando 3/7 (volumen/volumen) de acetato de etilo/hexano como eluyente. El sólido recuperado se añadió a un matraz que contenía cloroformo (50 ml) y se agitó durante 30 minutos y luego se precipitó en metanol (8,32 g).

Etapa 4

El producto de la Etapa 3 (1 g, 1,1 mmol), cloruro de 2-fluorobenzoilo (0,5 g, 3,2 mmol) y piridina (20 ml) se añadieron a un matraz de reacción y se agitó a temperatura ambiente durante 4 horas. La mezcla resultante se vertió en un vaso de precipitados que contenía 300 ml de agua. El precipitado resultante se recogió mediante filtración al vacío, se disolvió en cloroformo, se secó sobre sulfato de magnesio, se concentró y se sometió a cromatografía ultrarrápida en gel de sílice utilizando como eluyente: 2/8 (volumen/volumen) de acetato de etilo/hexanos. El sólido recuperado se purificó adicionalmente por disolución en CHCl_3 y precipitación en metanol para proporcionar un sólido de color gris (0,99 g).

Un espectro RMN mostró que el producto final, un sólido púrpura, tenía una estructura consistente con 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(2-fluorobenzoiloxi)benzoiloxi)fenil) piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano.

P/D-3Etapa 1

4-hidroxipiperidina (19,5 g, 0,193 mol), 2,3-dimetoxi-7,7-dimetil-7H-benzo[c]fluoreno-5-ol (41,17 g, 0,128 mol) y THF (300 ml) se añadieron a un matraz de 2 litros, de fondo redondo, equipado con un burbujeador y agitado magnéticamente a temperatura ambiente. Se añadió lentamente a la mezcla una solución de metil Grignard 3 M en THF (171 ml, 0,514 mmol) a través de un embudo de goteo bajo una atmósfera de nitrógeno. La mezcla resultante se concentró hasta un aceite viscoso. El aceite viscoso se mantuvo a reflujo y se agitó durante 5 días. La cromatografía de capa fina mostró que 2 productos estaban presentes en la reacción. La mezcla de reacción resultante se vertió en un vaso de precipitados que contenía agua (1000 ml), se neutralizó con HCl (3 N) hasta un valor de pH de 4-6, se extrajo con acetato de etilo y se sometió a cromatografía ultrarrápida usando 2: 8 (volumen: volumen) acetato: hexanos como eluyente. Ambos productos fueron recolectados y obtenidos como sólidos blancos. Un espectro de RMN mostró que el producto principal tenía una estructura consistente con 7,7-dimetil-3-metoxi-7H-benzo [c] fluoreno-2,5-diol y el producto menor tenía una estructura consistente con 7,7-dimetil-3-metoxi-3-(4-hidroxipiperidin-1-il) -7H-benzo [c] fluoreno-5-ol.

Etapa 2

El 7,7-Dimetil-3-metoxi-7H-benzo[c]fluoreno-2,5-diol de la etapa 1 (5,1 g), 1-fenil-1-(4-pirrolidin-1-il-fenil) -prop-2- yn-1-ol (5,1 g), p-toluenosulfonato de piridinio (0,2 g), ortoformiato de trimetilo (4 g) y cloroformo (100 ml) se añadieron a un matraz de reacción y se agitaron a temperatura ambiente durante el fin de semana. La mezcla de reacción se concentró luego y se sometió a cromatografía ultrarrápida usando 2: 8 (volumen: volumen) de acetato de etilo: hexanos como eluyente. Se recuperó un sólido gris (9,1 g). Un espectro de RMN mostró que el producto resultante tenía una estructura consistente con 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il) fenil) -13,13-dimetil-6-metoxi-7-hidroxi-indeno [2',3':3,4] nafto [1,2-b] pirano.

Etapa 3

Se usó el procedimiento de la etapa 3 P/D-1, excepto que: se usó el producto de la Etapa 2 (anterior) en lugar del producto de la Etapa 2 de P/D-1; el ácido 4-(2-tetrahydro-2H-piranoxi) benzoico (de P/D-2 Etapa 1) se usó en lugar de ácido 4-n-octilobifenil-4'-carboxílico; y la cromatografía ultrarrápida en gel de sílice no se usó para la purificación del producto. En su lugar, el producto se purificó mediante una técnica de disolución en cloroformo seguido de precipitación en metanol.

Etapa 4

Se siguieron los procedimientos de P/D-2, Etapas 3 y 4, en secuencia, usando el producto de la etapa 3 (anteriormente). Un espectro RMN mostró que el producto final, un sólido azul, tenía una estructura consistente con 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-hexilbenzoiloxi)benzoiloxi)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano.

Parte C: Preparación de las composiciones de revestimientos

Después de la preparación, cada uno de los compuestos fotocromicos-dicroicos (P/D-1 a P/D-3) se usó para preparar una composición de revestimiento (indicada en la Tabla II a continuación como los revestimientos n.º 1 a 3, que corresponden a P/D -1 a P/D-3, respectivamente) que contiene un compuesto fotocromico-dicroico y la LCMS de la Parte A como se describe a continuación. Además, se preparó una composición de revestimiento (indicada en la Tabla 1 como Revestimiento No. 4) utilizando Photosol 0265, que está disponible comercialmente de PPG Industries y se informa que es está disponible comercialmente en PPG Industries y se ha indicado que es 1,3,3,4,5 (o 1,3,3,5,6)-pentametil-spiro[indolin-2,3-[3H]naphth[2,1-b][1,4]oxazina, y la LCMS de la Parte A.

Cada composición de revestimiento se preparó añadiendo una cantidad del compuesto fotocromico-dicroico a la LCMS preparada en la Parte A requerida para dar como resultado una composición de revestimiento que tiene, en porcentaje en peso basado en los sólidos totales de la solución de revestimiento: 4,0 por ciento del compuesto fotocromico-dicroico; 1,0 por ciento de Irgacure 819, un fotoiniciador disponible de Ciba-Geigy Corporation; 1,0 por ciento de TINUVIN-144, un estabilizante de luz para revestimientos de Ciba-Geigy; y 0,5 por ciento del tensioactivo vendido como aditivo BYK®-346 por BYK Chemie, EE. UU.

Parte D: Preparación de sustratos revestidos por alineación con la etapa 1 del equipo de orientación

Diez (10) sustratos de prueba cuadrados que miden 2 "x 2" x 0.25 "(5.08 cm x 5.08 cm x 0.635 cm) cada uno de los cuales se prepararon a partir de monómero CR-39® o material de lente TRIVEX™ (ambos están disponibles) de PPG Industries, Inc.). Estos sustratos de prueba se indican como Muestra de Sustrato N.º. 1x-10x en la Tabla II, donde x = "A" para sustratos fabricados a partir de monómero CR-39® y x = "B" para sustratos hechos de un material de lentes de marca TRIVEX™. Un sustrato de prueba (designado como Muestra de sustrato No. 11C) era un lente de policarbonato GENTEX™ de piano de 1,5 mm x 76 mm de diámetro (que está disponible en Gentex Optics). Todos los sustratos antes mencionados se lavaron con líquido jabón y agua, se enjuagaron con agua desionizada y posteriormente se enjuagaron con alcohol isopropílico. Dos (2) de los sustratos de prueba (muestras de sustrato marcadas números 9A y 10A en la Tabla II) que se usaron en el procedimiento de alineación magnética descrito a continuación en la Parte E limpiado adicionalmente en un baño ultrasónico con 12,5 por ciento en peso de hidróxido sódico e durante 30 minutos y enjuagar con agua desionizada. Todos los sustratos limpios se secaron y se trataron con plasma de oxígeno a un caudal de 100 mililitros (ml) por minuto de oxígeno a 100 vatios de potencia durante un minuto.

Las muestras de sustrato números 9A y 10A también se trataron con la composición que forma la capa adhesiva de la patente de Estados Unidos 6,150,430 mediante la aplicación de la composición formadora de la capa adhesiva durante 10 segundos a los sustratos que giran a 1500 rpm. Tras la aplicación, la composición formadora de la capa adhesiva se curó en una fuente de luz ultravioleta Light-Welder® 5000-EC de Dymax Corp., a una distancia de 4 pulgadas de la luz durante 10 segundos. Los sustratos de prueba tratados de esta manera se identifican como (magnéticos) en la Tabla 1.

Etapas 2

Después de la preparación de acuerdo con la Etapa 1, se formó un equipo de orientación en al menos una parte de una superficie de cada una de las Muestra de Sustrato N.º. 1x-8x, y 11C, del siguiente modo. Se dispuso una solución de una red de polímero foto orientable disponible como solución Staralign™ 2200 CP4 de Huntsman Advanced Materials, cuya designación significa 4 por ciento en peso en ciclopentano, durante 2 a 3 segundos en cada uno de los sustratos de prueba indicados anteriormente. Cuando se dispuso la solución Staralign™ sobre los sustratos, las muestras de sustrato n.º 1x-8x se centrifugaron a 800 revoluciones por minuto durante aproximadamente 2 a 3 minutos, mientras que la muestra de sustrato n.º 11C se centrifugó a 500 revoluciones por minuto durante 3 minutos. Después, cada uno de los sustratos se colocó en un horno mantenido a 130 °C durante 20 a 30 minutos.

Después de aplicar la red de polímero orientable a las muestras de sustrato n.º 1x-8x y 11C, al menos una parte de la red de polímero foto-orientable se ordenó al menos parcialmente mediante exposición a luz ultravioleta polarizada linealmente durante 1 minuto para el sustrato. 11C, y 2 minutos para todos los demás sustratos, con una intensidad máxima de 18 milivatios/cm² de UVA (320-390 nm) medido utilizando un radiómetro electro-óptico UV Power Puck™ de Electronic Instrumentation and Technology, Inc., Inc. La fuente de luz ultravioleta fue una lámpara BLAK-RAY Modelo B-100A Longwave UV. Después de pedir al menos una parte de la red de polímero fotoorientable, los sustratos se enfriaron a temperatura ambiente y se mantuvieron cubiertos.

Etapas 3

Los Revestimientos de muestras números 1-4 se formaron a continuación en muestras de sustrato números 1x-8x, 11C, preparados en las etapas 1 y 2 de la parte D (anterior) utilizando una de las composiciones de revestimiento preparadas anteriormente en la parte C de la siguiente manera. Para formar cada uno de los revestimientos, la composición de revestimiento apropiada se aplicó a al menos una parte del equipo de orientación sobre la superficie

de uno de los sustratos (como se indica en la Tabla II) por medio de un revestimiento por centrifugación. Más específicamente, se dispensó aproximadamente 1 ml de la composición de revestimiento sobre al menos una parte del equipo de orientación como sustrato, y se drenó cualquier exceso antes de girar a 500 revoluciones por minuto durante 3 minutos para todas las muestras de sustrato, excepto al muestra de sustrato No. 11C, que se centrifugó a 300 a 400 revoluciones por minuto durante 4 a 6 minutos. Después de aplicar la composición de revestimiento, el sustrato se colocó en un horno a 55°C durante 20 a 50 minutos para permitir que se alinee al menos una parte del material de cristal líquido y al menos una parte del compuesto fotocromico-dicroico a alinear.

Después de la alineación, el revestimiento al menos parcial se probó para la alineación usando dos películas polarizadas cruzadas (n.º 45669) de Edmund Industrial Optics de la siguiente manera. El sustrato revestido se colocó entre las películas polarizadas cruzadas de modo que el sustrato revestido era paralelo con al menos una de las películas. La luz visible transmitida a través de esta orientación se reduce. Al menos la alineación parcial se verificó observando un aumento en la luz visible transmitida cuando una de las películas polarizantes giraba 45 grados en el sentido de las agujas del reloj o en sentido antihorario mientras se veía una fuente de luz visible a través de esta configuración.

Después de verificar al menos una alineación parcial, cada uno de los revestimientos al menos parciales se curó cubriendo el sustrato recubierto con un filtro de corte para eliminar las longitudes de onda ultravioleta menores de 390 nanómetros de modo que el filtro de corte estaba aproximadamente 1 mm por encima del superficie del sustrato recubierto. El ensamblaje resultante se colocó en una línea de curado del transportador ultravioleta (obtenida de Eye Ultraviolet, Inc) y se transportó a tres pies por minuto debajo de dos lámparas de mercurio dopadas con yoduro de hierro de 400 vatios/pulgada ultravioleta tipo "D" de 10 pulgadas de longitud, una colocada 2,5 pulgadas por encima del transportador y la otra colocada 6,5 pulgadas por encima del transportador. La intensidad máxima de UVA (320 a 390 nm) y UVV (395 a 445 nm) en la línea de curado fue de 0,239 vatios/cm.2 y de UVV fue 0.416 vatios/cm2, respectivamente, medidos utilizando radiómetros electroópticos UV Power Puck™. La línea de curado del transportador UV tenía una atmósfera de nitrógeno en la que el nivel de oxígeno era inferior a 100 ppm.

Parte E: Preparación del revestimiento ordenado por exposición a un campo magnético

Los Sustratos de Muestras Nos. 9A y 10A, que se recubrieron con la capa adhesiva como se ha descrito anteriormente en la Parte D, se usaron en esta Parte E. Se siguió el procedimiento de la Parte D usado para el Sustrato de Muestras No. 11 para formar revestimientos de composiciones de revestimiento 2 y 3 en Sustratos N.º 9A y 10A, respectivamente, excepto que después de la aplicación de la composición de revestimiento y antes del curado, el sustrato recubierto se colocó en una placa calefactada a temperatura controlada 8 pulgadas debajo de una lámpara de infrarrojos de temperatura controlada y entre los polos norte y sur polos de un imán de 0,35 Tesla separados por una distancia de 11 centímetros. Ambos controladores de temperatura se configuraron para mantener una temperatura de aproximadamente 55 a 60 ° C. Los sustratos revestidos se mantuvieron en estas condiciones durante 10 a 15 minutos y posteriormente se curaron como se describe en la Parte D.

Ejemplo 2:

Se prepararon sustratos oftálmicos que tenían un revestimiento al menos parcial usando un proceso de sobremoldeo como se describe a continuación.

Etapa 1

Se siguió el procedimiento de las Partes A y C del Ejemplo 1 para formar una composición de revestimiento de sobremoldeo, excepto que esencialmente todo el disolvente en la composición de revestimiento se eliminó burbujeando con aire durante 2 horas antes de agregar aproximadamente 2 por ciento en peso de P/D-3, según el peso total, para producir la composición de revestimiento de sobremoldeo.

Etapa 2

Una lente de seis bases preparada a partir del monómero CR-39® se limpió siguiendo el procedimiento de la Parte D, Etapa 1 del Ejemplo 1, excepto que la lente se secó en un horno a 100°C durante 10 minutos antes del tratamiento con plasma de oxígeno.

Etapa 3

Se siguió el procedimiento de la Parte D, etapa 2 del Ejemplo 1, para formar un equipo de orientación que comprende un revestimiento de una red polimérica orientable al menos parcialmente ordenada para la lente y un molde de vidrio, excepto que una exposición de 90 segundos a la polarización lineal se usó luz ultravioleta.

Etapa 4

Después de formar los equipos de orientación como se ha descrito anteriormente, el molde de vidrio se colocó sobre

una superficie plana con el equipo de orientación hacia arriba. Una cantidad de la solución de sobremoldeo suficiente para cubrir la superficie del molde vertida en el centro del molde. Las mangas circulares de Teflon® se colocaron en los bordes del molde para usar como espaciadores. La lente se colocó adyacente al molde de modo que el equipo de orientación de la lente contactara con la solución de sobremoldeo, y la solución de sobremoldeo se extendiera para llenar la región entre la lente y el molde. Se aplicaron abrazaderas para formar un conjunto que se colocó en un horno a 45 °C durante 30 minutos para permitir que el material de cristal líquido se alineara al menos parcialmente con las equipos de orientación. Posteriormente, el conjunto se colocó en la línea de curado del transportador ultravioleta descrita en la etapa 3, Parte D del Ejemplo 1. Después del curado, la lente recubierta se liberó del molde. Examen de la lente recubierta utilizando las películas de polarización cruzada descritas anteriormente en la etapa 3, Parte D del Ejemplo 1 para observar la alineación del revestimiento. Se realizaron mediciones de la relación de absorción para los revestimientos (como se describe a continuación) y se observó dicroísmo.

El espesor del revestimiento sobremoldeado se determinó de la siguiente manera. Se obtuvieron dos secciones transversales de la lente, una cerca del centro de la lente y otra cerca del borde externo de la lente. Las secciones transversales se recubrieron con un líquido de índice de refracción de 1,550, se colocaron en un portaobjetos de microscopio y se cubrieron con una cubierta deslizante. Luego se tomaron medidas del espesor del revestimiento usando un microscopio de luz polarizada Leitz y una cámara digital Spot. Basándose en estas mediciones, se determinó que el revestimiento tiene un grosor cerca del centro de la lente que varía de 127 +/- 5 µm (micras) a 130 +/- 5 µm (micras) y un grosor cerca del borde externo de la lente que van desde 118 +/- 5 µm (micras) hasta 120 +/- 5 µm (micras).

Ejemplo 3:

Se usó un banco óptico para medir las relaciones de absorción promedio para cada una de las muestras revestidas preparadas en los Ejemplos 1 y 2 anteriores como sigue. Cada una de las muestras recubiertas se colocó en el banco óptico con una fuente de luz activadora (una lámpara de arco Oriol modelo 66011 de 300 vatios xenón equipada con un obturador controlado por computadora de alta velocidad Melles Griot 04 IES 211 que se cerró momentáneamente durante la recolección de datos la luz no interferiría con el proceso de recopilación de datos, un filtro de paso de banda de 3 mm KG-2 de Schott, que elimina la radiación de longitud de onda corta, filtros de densidad neutros para atenuar la intensidad y una lente de condensación para la colimación del rayo) situado en un ángulo de a 30° de ángulo de incidencia en la superficie del sustrato revestido.

Una fuente de luz de banda ancha para controlar las mediciones de respuesta se colocó de forma perpendicular a la superficie del sustrato revestido. Se obtuvo una señal aumentada de longitudes de onda visibles más cortas recolectando y combinando luz filtrada por separado de una lámpara halógena de tungsteno de 100 vatios (controlada por una fuente de alimentación de voltaje constante Lambda UP60-14) con un cable de fibra óptica bifurcado de dos extremos, cable de fibra óptica bifurcado. La luz de un lado de la lámpara halógena de tungsteno se filtró con un filtro Schott KG1 para absorber el calor y un filtro Hoya B-440 para permitir el paso de las longitudes de onda cortas. El otro lado de la luz también se filtró con un filtro Schott KG1 o no se filtró. Se recogió la luz enfocando la luz de cada lado de la lámpara sobre un extremo separado del cable de fibra óptica bifurcada de extremos partidos, y posteriormente se combinó en una fuente de luz que emergió del único extremo del cable. Se conectó un tubo de luz de 4 "al único extremo del cable para asegurar una mezcla adecuada.

La polarización lineal de la fuente de luz se consiguió pasando la luz del extremo individual del cable a través de un Moxtek, sostenido en una platina de rotación motorizada impulsada por ordenador (modelo M061-PD de Polytech, PI). El haz de control se ajustó de modo que el primer plano de polarización (0°) era perpendicular al plano de la mesa del banco óptico y el segundo plano de polarización (90°) era paralelo al plano de la mesa del banco óptico. Las muestras se ejecutaron al aire, a temperatura ambiente (73°F ± 5°F) mantenida por el sistema de aire acondicionado de laboratorio o una celda de aire con temperatura controlada.

Para llevar a cabo las mediciones, el sustrato recubierto se expuso a 6,7 W/m² de UVA de la fuente de luz activadora durante 5 a 15 minutos para activar el compuesto fotocromático dicroico. Un radiómetro de International Light Research (modelo IL-1700) con un sistema de detección (detector modelo SED033, filtro B y difusor) se usó para verificar la exposición antes de cada ensayo. La luz de la fuente de control que se polarizó en el plano de polarización de 0° se pasó después a través de la muestra recubierta y se enfocó sobre una esfera integrada de 2" (5,08 cm), que estaba conectada a un espectrofotómetro Ocean Optics 2000 usando un cable de fibra óptica de función única. La información sobre los espectros después de pasar a través de la muestra se recogió usando el software Ocean Optics OOIBase32 y OOIColor y el software patentado PPG. Cuando se activó el compuesto fotocromático-dicroico, la posición de la lámina de polarización se rotó hacia atrás y hacia adelante para polarizar la luz de la fuente de luz de control al plano de polarización de 90° y de vuelta. Los datos se recogieron en intervalos de 3 segundos durante la activación. Para cada ensayo, la rotación de los polarizadores se ajustó para recoger datos en la siguiente secuencia de planos de polarización: 0°, 90°, 90°, 0° etc.

Los espectros de absorción se obtuvieron y analizaron para cada sustrato revestido usando el software Igor Pro (disponible de WaveMetrics). El cambio en la absorbancia para cada sustrato revestido se calculó sustrayendo la

medición de absorción de tiempo 0 (es decir, no activada) para cada longitud de onda ensayada. Los valores promedio de absorción se obtuvieron en la región del perfil de activación donde la respuesta fotocromática fue saturada o casi saturada (es decir, las regiones donde la absorción no aumentó o no aumentó significativamente con el tiempo) para cada sustrato recubierto al promediar la absorción tomada a cada intervalo de tiempo para cada sustrato revestido en esta región (para cada longitud de onda extraída se promediaron de 5 a 100 puntos de datos). Los valores de absorción promedio en un intervalo predeterminado correspondientes a $\lambda_{\text{máx-vis}} \pm 5$ nm se extrajeron para las polarizaciones 0° y 90° y la proporción de absorción para cada longitud de onda en este intervalo se calcularon dividiendo la absorción promedio más larga entre la absorción promedio más corta. Para cada longitud de onda extraída, se promediaron de 5 a 100 puntos de datos. La relación de absorción promedio para la muestra se calculó promediando estas relaciones de absorción individuales.

Para cada sustrato de muestra presentado en la Tabla II, el procedimiento anteriormente descrito se llevó a cabo dos veces. El valor presentado para la relación de absorción Promedio representa un promedio de los resultados obtenidos de estas dos ejecuciones.

Tabla II:

N.º de muestra de sustrato	N.º de revestimiento de muestra	Longitud de onda de máximo pico de absorción a la que se midió la AR	Relación de absorción promedio
1A	1	500	5,4
	1	599	5,4
2B	1	500	5,5
	1	601	5,5
3A	2	500	4,9
	2	599	4,8
4B	2	500	4,7
	2	599	4,7
5A	3	497	2,1
	3	636	2,8
6B	3	497	2,1
	3	638	2,9
7A	4	590	2,8
8B	4	625	2,7
9A	2(MAGNÉTICO)	499	3,0
	2(MAGNÉTICO)	600	3,0
10A	3(MAGNÉTICO)	497	1,7
	3(MAGNÉTICO)	636	2,2
11C	2	501	2,5
	2	595	2,6

Ejemplo 4:

La relación de absorción promedio de cada compuesto fotocromático-dicroico P/D-1 a P/D-3, así como la relación de absorción promedio del Photosol™ 0265 ("compuesto comparativo"), que está disponible comercialmente en PPG Industries, Inc. y se ha comunicado que es 1,3,3,4,5 (o 1,3,3,5,6)-pentametil-espiro[indolina-2,3-[3H]naft[2,1-b][1,4]oxazina, se midió usando el procedimiento DE CELDA. De acuerdo con el procedimiento DE CELDA, se utilizó el banco óptico y el procedimiento descritos anteriormente en el Ejemplo 3 para medir la relación de absorción media de los revestimientos, excepto que se montó un conjunto de células (descrito a continuación) que contenía el compuesto a analizar y un material de cristal líquido en el banco óptico (en lugar del sustrato recubierto).

Se obtuvo un ensamblaje de celda que tiene la siguiente configuración de Design Concepts, Inc. Cada uno de los conjuntos de celdas se formó a partir de dos sustratos de vidrio enfrentados que están separados con un espaciador de perlas de vidrio que tienen un diámetro de 20 μm [micrómetros] \pm 1 μm [micrómetro]. Las superficies internas de cada uno de los sustratos de vidrio tenían un revestimiento de poliimida orientado sobre los mismos para proporcionar el alineamiento de un material de cristal líquido como se analiza a continuación. Se sellaron dos bordes opuestos de los sustratos de vidrio con un sellador epoxi, dejando los otros dos lados abiertos para llenado. El espacio entre los dos sustratos de vidrio del conjunto de la celda se llenó con una solución de cristal líquido que contenía uno de los Materiales de prueba (es decir, los compuestos fotocromáticos dicroicos (P/D-1 a P/D-3) o el

Compuesto Comparativo). La solución de cristal líquido se formó mezclando los siguientes componentes en los porcentajes en peso enumerados en la Tabla III con calentamiento, si fuere necesario, para disolver el material de prueba. La solución de cristal líquido se formó mezclando los siguientes componentes en los porcentajes en peso listados en la Tabla III con calentamiento, en caso necesario, para disolver el material de ensayo.

5

Tabla III:

Componente	Porcentaje en peso
Licristal™ E7	97-99,5
Material de ensayo	0,5-3

Para cada material de ensayo, El procedimiento anteriormente descrito se llevó a cabo al menos dos veces. El valor representado para la relación de absorción promedio representa un promedio de los resultados obtenidos en las dos ejecuciones. Los resultados de estos ensayos se presentan en la Tabla IV a continuación. Tabla IV:

10

Número de ejemplo	Intervalo de longitud de onda $\lambda_{\text{máx-vis}}$ (nm) +/- 5 nm	Relación de absorción promedio (AR)
Ejemplo Comparativo	623 +/- 5 nm	2,3
P/D-1	497 +/- 5 nm	6,3
P/D-2	497 +/- 5 nm	5,8
P/D-3	639 +/- 5 nm	5,9

Ejemplo 5

15 La relación de absorción promedio de los compuestos dicroicos fotocromicos en la Tabla V (a continuación) se determinó como se establece anteriormente. Se apreciará por los expertos en la técnica que los compuestos enumerados en la Tabla V pueden fabricarse de acuerdo con las enseñanzas y ejemplos desvelados en el presente documento con modificaciones adecuadas, como será evidente fácilmente para los expertos en la técnica. Además, los expertos en la técnica reconocerán que pueden usarse diversas modificaciones de los procedimientos desvelados, así como de otros procedimientos, para preparar los compuestos nombrados expuestos a continuación en la Tabla V.

20

Tabla V:

Nombre del Compuesto	Intervalo de longitud de onda $\lambda_{\text{máx}}$ (nm) (+/- 5 nm)	Relación de absorción promedio (AR)
3-fenil-3-(4-(4-(3-piperidin-4-il-propil)piperidino)fenil)-13,13-dimetil-indeno[2',3':3,4]-nafto[1,2-b]pirano	590	2,0
3-fenil-3-(4-([1,4']bipiperidinil-1'-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-([1,4']bipiperidinil-1'-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano	513	3,4
3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-hexilbenzoiloxi)-piperidin-1-il)indeno[2',3':3,4] nafto[1,2-b]pirano	503	3,9
3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il) fenil) -13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4'-octiloxi-bifenil-4-carboniloxi) - piperidin-1-il) indeno [2', 3': 3,4] nafto [1,2-b] pirano	499	4,1
3-fenil-3-(4-(4-(4-butil-fenilcarbamoil) -piperidin-1-il) fenil) -13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-fenil-piperazin-1-ilo) indeno [2', 3': 3,4] nafto [1,2-b] pirano	506	5,0
3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]piran-7-il)-piperadin-1-il)oxicarbonil)fenil)fenil)caboniloxi)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;	628	4,8
3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperidin-1-il)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano	502	6,0
3-fenil-3-(4-(4-(pirrolidin-1-il) fenil) -13- [17- (1,5-dimetil-hexil) -10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9, 10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta [a] fenantren-3-iloxi] -13-etil-6-metoxi-7- (4- [17- (1, 5-dimetil-hexil) -10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta [a]	529	3,3

fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperadin-1-il)-indeno [2', 3': 3,4] nafto [1,2-b] pirano		
3-fenil-3-(4-(4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperidin-1-il)-fenil)-13-etil-13-hidroxi-6-metoxi-7-(4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperidin-1-il)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano	507	6,0
3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il) fenil) -13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-hexiloxifenilcarboniloxi) fenil) piperazin-1 -il) indeno [2', 3': 3,4] nafto [1,2-b] pirano	496	5,8
3-fenil-3-(4-(4-metoxifenil) -piperazin-1-il) fenil) -13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(3-fenilprop-2-ynoiloxi)) fenil) piperazin-1-il) -indeno [2', 3': 3,4] nafto [1,2-b] pirano	499	6,3
3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13-hidroxi-6-metoxi-7-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4] nafto[1,2-b]pirano	629	6,3
3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)benzoiloxi)benzoiloxi)indeno[2',3':3,4] nafto[1,2-b]pirano	646	6,4
3-(4-metoxifenil) -3-(4-(4-metoxifenil) piperazin-1-il) fenil) -13-etil-13-hidroxi-6-metoxi-7-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)) fenil) piperazin-1-il) indeno [2', 3': 3,4] nafto [1,2-b] pirano	499	5,4
2-fenil-2-(4-(4-(4-Metoxi-fenil) -piperazin-1-il) -fenil) -9-hidroxi-8-metoxicarbonil-2H-nafto [1,2-b] pirano	571	2,7
2-fenil-2-(4-(4-(4-Metoxi-fenil) -piperazin-1-il) -fenil) -9-hidroxi-8-(N-(4-butil-fenil)) carbamoil-2H- nafto [1,2-b] pirano	590	4,0
2-fenil-2-(4-(4-(4-Metoxi-fenil) -piperazin-1-il) -fenil) -9-hidroxi-8-(N-(4-fenil) fenil) carbamoil-2H-nafto [1,2-b] pirano	566	3,9
2-fenil-2-(4-(4-(4-Metoxi-fenil) -piperazin-1-il) -fenil) -benzofuro [3', 2': 7,8] benzo [b] pirano	583	4,2
2-fenil-2-(4-(4-(4-Metoxi-fenil) -piperazin-1-il) -fenil) -benzotieno [3', 2': 7,8] benzo [b] pirano	510	4,1
1,3,3-trimetil-6'- (4- [N- (4-butilfenil) carbamoil] -piperidin-1-il) -espiro [indolina-2,3'-3H-nafto [2,1-b] [1,4] oxazina]	590	7,8
3-fenil-3-(4-pirrolidinilfenil) -13, 13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-(4-(6-(4-(4-(4-nonilfenilcaboniloxi) fenilo) oxicarbonil) fenoxi) hexiloxi) fenil) piperazin-1-il) indeno [2', 3': 3,4] nafto [1,2-b] pirano	627	6,5
1,3,3-trimetil-6'- (4- (4-metoxifenil) piperazin-1-il) -espiro [indolina-2,3'-3H-nafto [2,1-b] [1,4] oxazina];	586	8,3
1,3,3-trimetil-6'- (4- (4-hidroxifenil) piperazin-1-il) -espiro [indolina-2,3'-3H-nafto [2,1-b] [1,4] oxazina];	587	7,0

Ejemplo 6:

5 Los conjuntos de células electroópticas de acuerdo con diversas realizaciones no limitantes descritas en el presente documento se prepararon de la siguiente manera.

Etapa 1

10 Portaobjetos de vidrio flotado sin pulir que miden 25 x 50 x 1.1 mm y tienen un revestimiento de óxido de indio y estaño ("ITO") sobre una superficie, $R_s \leq 100 \Omega$, obtenidos de Delta Technologies, Limited, Ltd. La superficie revestida con ITO de dos portaobjetos se recubrió adicionalmente con una solución de revestimiento de poliimida que se preparó de la siguiente manera. Los componentes enumerados en la Tabla VI, se agregaron en el orden indicado en un vaso de precipitados. Después de que se agregaron todos los componentes, la composición se mezcló hasta que los componentes se disolvieron.

15

Tabla VI:

Componentes	Peso (gramos)
PI2255 ⁽¹⁾	80
3-etoxipropanol	80
NMP ⁽²⁾	320
(1) Poliimida disponible de DuPont. (2) N-metilpirrolidona.	

5 La solución de revestimiento de poliimida se aplicó a la superficie recubierta de ITO de los portaobjetos de vidrio por revestimiento por centrifugación. Se dispensaron 1,5 mililitros (ml) de la solución de revestimiento sobre los portaobjetos de vidrio que giraban a 1000 rpm durante 90 segundos.

Etapa 2

10 Los portaobjetos recubiertos de la Etapa 1 se mantuvieron a 130 °C durante 15 minutos, después de lo cual la temperatura se aumentó a 250 °C y se mantuvo a la temperatura elevada durante al menos 90 minutos. Los portaobjetos se retiraron y se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

Etapa 3

15 Los portaobjetos recubiertos de la etapa 2 se colocaron en un soporte con el lado recubierto hacia arriba. La superficie de la diapositiva revestida se cepilló suavemente con un cepillo de terciopelo en la dirección longitudinal varias veces para eliminar la suciedad. Después, Después, el portaobjetos revestido se cepilló diez veces más aplicando presión suficiente para formar arboledas paralelas en el revestimiento. Se aplicaron esferas de vidrio con un diámetro de 20 µm (micras) a uno de los portaobjetos revestidos para servir como espaciadores cuando el otro portaobjetos revestido se colocó para formar una celda frotada paralela que tiene una parte de cada deslizadera que se extiende sobre la otra para que las conexiones eléctricas podría hacerse para cada diapositiva. El conjunto de la celda electroóptica resultante se pinzó.

Etapa 4

25 Los bordes longitudinales del conjunto de células electroópticas de la etapa 3 se recubrieron con Devon Epoxy Glue, cuyos componentes se habían mezclado previamente en una proporción de 1:1. El conjunto de células electroópticas encoladas se dejó a temperatura ambiente durante una hora y luego se calentó durante al menos una hora al menos a 100 ° centígrados.

Etapa 5

30 El conjunto de células electroópticas de la etapa 4 se rellenó con una solución de revestimiento de cristal líquido fotocromica utilizando un tubo capilar para aplicar la solución hasta que se llenó el conjunto de células. La solución de cristal líquido fotocromico se preparó mediante la adición de una pequeña cantidad de P/D-3 a unas pocas gotas de Licristal™ E7 disponible en EM Industries.

Ejemplo 7:

40 Las relaciones de absorción promedio para los conjuntos de células electroópticas del Ejemplo 4 se determinaron de la siguiente manera. El banco óptico descrito anteriormente se modificó con un dispositivo de montaje de células electroópticas conductivas que sirvió para mantener la celda electroóptica en su lugar y permitir que un flujo eléctrico de 8 voltios CC aplicado a través de una fuente de alimentación Lambda Modelo LLS5018 lo atravesase. El banco óptico modificado se usó para obtener las medidas de respuesta y derivar relaciones de absorbancia de P/D-3 en la solución de cristal líquido Licristal™ E7 usada en el conjunto de célula electroóptica siguiendo el procedimiento del Ejemplo 3, excepto de la siguiente manera.

50 El conjunto de células electroópticas se activó durante 10 minutos sin aplicar corriente y se determinó la relación de absorción promedio. La aplicación de un flujo de CC de 8 voltios al conjunto de la celda electroóptica mientras aún se activaba mediante la luz de xenón filtrada se realizó durante 10 minutos adicionales y se determinó nuevamente la relación de absorción promedio. Los resultados se enumeran en la Tabla VII.

Tabla VII:

Estado de voltaje	Longitud de onda de máximo pico de absorción a la que se midió la AR	Relación de absorción promedio
Sin voltaje	501	3,4
Sin voltaje	647	5,3

Tensión	501	1,7
Tensión	647	1,5

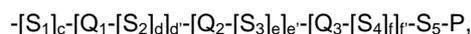
5 Los resultados de la Tabla VII muestran que el conjunto de células electroópticas exhibió relaciones de absorción de 3.4 a 5.3 en el rango de longitudes de onda de 501 a 647 nm mientras estaban expuestas a la radiación activadora fotocromica sin la aplicación de voltaje y que la aplicación de voltaje (8 voltios de corriente continua) causó una reducción en las relaciones de absorción promedio de 1.7 a 1.5 en el mismo rango de longitud de onda, mientras que la exposición a la radiación activadora fotocromica continuó.

10 Debe entenderse que la presente descripción ilustra aspectos de la invención relevantes para una comprensión clara de la invención. Determinados aspectos de la invención que serían evidentes para los expertos en la técnica y que, por lo tanto, no facilitarían una mejor comprensión de la invención, no se han presentado con el fin de simplificar la presente descripción. Aunque la presente invención se ha descrito en relación con determinadas realizaciones, la presente invención no está limitada a las realizaciones particulares desveladas, sino que se pretende que cubra todas las modificaciones que están dentro del ámbito de la invención, según se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

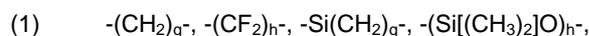
15

REIVINDICACIONES

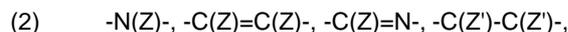
1. Un elemento óptico que comprende un revestimiento al menos parcial, que tiene un primer estado y un segundo estado, conectado a al menos una parte de un sustrato, estando adaptado el revestimiento al menos parcial para pasar del primer estado al segundo estado en respuesta a al menos radiación actínica, para volver al primer estado en respuesta a la energía térmica, y polarizar linealmente al menos la radiación transmitida en al menos uno del primer estado y el segundo estado, en donde el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado comprende al menos un material anisotrópico ordenado al menos parcialmente y al menos un compuesto fotocromático-dicroico alineado al menos parcialmente, en donde el compuesto fotocromático-dicroico comprende: (a) al menos un grupo fotocromático (PC) elegido entre piranos, oxazinas y fúlgidos; y (b) al menos un agente de alargamiento (L) unido a, es decir unido directamente o unido indirectamente a través de otro grupo, al por lo menos un grupo fotocromático y representado por:



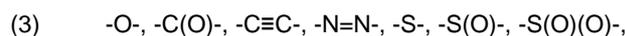
en la que cada Q_1 , Q_2 y Q_3 se selecciona independientemente en cada ocasión entre: un grupo divalente elegido de entre un grupo aromático no sustituido o sustituido, un grupo alicíclico no sustituido o sustituido, un grupo heterocíclico no sustituido o sustituido, y mezclas de los mismos, en donde los sustituyentes se eligen entre: un grupo representado por P (como se establece a continuación), arilo, tiol, amida, mesógenos de cristal líquido, halógeno, alcoxi C_1-C_{18} , poli(alcoxi C_1-C_{18}), amino, aminoalquileo (C_1-C_{18}), alquilamino C_1-C_{18} , di-alquilamino (C_1-C_{18}), alquilo C_1-C_{18} , alqueno C_2-C_{18} , alquino C_2-C_{18} , alquil C_1-C_{18} -alcoxi (C_1-C_{18}), alcoxicarbonilo C_1-C_{18} , alquilcarbonilo C_1-C_{18} , carbonato de alquilo C_1-C_{18} , carbonato de arilo, acetilo C_1-C_{18} , cicloalquilo C_3-C_{10} , cicloalcoxi C_3-C_{10} , isocianato, amido, ciano, nitro, un grupo alquilo C_1-C_{18} de cadena lineal o ramificada que está monosustituido con ciano, halo o alcoxi C_1-C_{18} , o polisustituido con halógeno, y un grupo representado por una de las fórmulas siguientes: $-M(T)_{(t-1)}$ y $-M(OT)_{(t-1)}$, en las que M se elige entre aluminio, antimonio, tantalio, titanio, circonio y silicio, T se elige entre radicales organofuncionales, radicales de hidrocarburo organofuncionales, radicales de hidrocarburo alifático y radicales de hidrocarburo aromático, y t es la valencia de M; cada S_1 , S_2 , S_3 , S_4 y S_5 se elige independientemente en cada ocasión de una unidad espaciadora seleccionada entre:



en las que g se elige independientemente en cada ocasión entre 1 y 20; h se elige entre 1 y 16;



en las que Z se selecciona independientemente en cada ocasión entre hidrógeno, alquilo C_1-C_6 , cicloalquilo y arilo, y Z' se selecciona independientemente en cada ocasión entre alquilo C_1-C_6 , cicloalquilo y arilo; y



resto de alquileo C_1-C_{24} de cadena lineal o ramificada, estando dicho resto de alquileo C_1-C_{24} no sustituido, monosustituido con ciano o halógeno, o polisustituido con halógeno;

con la condición de que cuando dos unidades espaciadoras que comprenden heteroátomos están unidas, las unidades espaciadoras se unan de manera que los heteroátomos no estén directamente unidos entre sí, y cuando S_1 y S_5 están unidas al PC y al P, respectivamente, están unidas de forma que dos heteroátomos no estén unidos directamente entre sí;

c, d, e y f se eligen cada uno independientemente de un número entero que varía entre 0 y 20, ambos incluidos; y d', e' y f' se eligen cada uno independientemente entre 0, 1, 2, 3 y 4, con la condición de que una suma de d' + e' + f' sea al menos 2; y

P puede elegirse entre: aziridinilo, hidrógeno, hidroxilo, arilo, alquilo, alcoxi, amino, alquilamino, alquilalcoxi, alcoxialcoxi, nitro, éter de polialquilo, alquil (C_1-C_6)-alcoxi (C_1-C_6)-alquilo (C_1-C_6), polietileno, polipropileno, etileno, acrilato, metacrilato, 2-cloroacrilato, 2-fenilacrilato, acriloilfenileno, acrilamida, metacrilamida, 2-cloroacrilamida, 2-fenilacrilamida, acriloxi, metacriloxi, 2-(acriloxi)etilcarbamilo, 2-(metacriloxi)etilcarbamilo, aziridina, carbonato de alilo, epoxi, isocianato, tiol, tioisocianato, éster de ácido itacónico, éter vinílico, éster vinílico, un derivado de estireno, siloxano, polímeros de cristal líquido de cadena principal y de cadena lateral, un mesógeno de cristal líquido, derivados de etilenimina, derivados de ácido maleico, derivados de ácido fumárico, derivados de ácido cinámico sin sustituir, derivados de ácido cinámico que están sustituidos con al menos uno de metilo, metoxi, ciano y halógeno, y grupos monovalentes o divalentes quirales o no quirales sustituidos o no sustituidos elegidos entre radicales esteroides, radicales terpenoides, radicales alcaloides y mezclas de los mismos, en donde los sustituyentes se eligen independientemente entre un alquilo, un alcoxi, amino, cicloalquilo, alquilalcoxi, un fluoroalquilo, un cianoalquilo, un cianoalcoxi y mezclas de los mismos, y en donde al menos una parte del al menos un compuesto fotocromático-dicroico al menos parcialmente alineado se alinea al menos parcialmente por interacción con el al menos un material anisotrópico ordenado al menos parcialmente.

2. El elemento óptico de la reivindicación 1, en el que c, d, e y f se eligen cada uno independientemente de un número entero que varía entre 0 y 20, ambos incluidos; y d', e' y f' se eligen cada uno independientemente entre 0, 1, 2, 3 y 4, con la condición de que una suma de d' + e' + f' sea al menos 3.

5 3. El elemento óptico de la reivindicación 1, en el que el compuesto fotocromico-dicroico térmicamente reversible al menos parcialmente alineado se elige entre

- (1) 3-fenil-3-(4-(4-(3-piperidin-4-il-propil)piperidino)fenil)-13,13-dimetil-indeno[2',3':3,4]-nafto[1,2-b]pirano;
- 10 (2) 3-fenil-3-(4-(4-(3-(1-(2-hidroxi-etil)piperidin-4-il)propil)piperidino)fenil)-1,3,13-dimetil-indeno[2',3':3,4,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (3) 3-fenil-3-(4-(4-(4-butil-fenilcarbamoil)-piperidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-fenil-piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (4) 3-fenil-3-(4-([1,4']bipiperidinil-1'-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-([1,4']bipiperidinil-1'-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- 15 (5) 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-hexilbenzoiloxi)-piperidin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (6) 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4'-octiloxi-bifenil-4-carboniloxi)-piperidin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- 20 (7) 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperidin-1-il)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (8) 3-fenil-3-(4-[4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperidin-1-il)-fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperidin-1-il)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- 25 (9) 3-fenil-3-(4-(4-fenilpiperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4'-octiloxi-bifenil-4-carboniloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (10) 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-hexiloxifenilcarboniloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- 30 (11) 3-fenil-3-(4-(4-fenil-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-(2-fluorbenzoiloxi)benzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (12) 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13-hidroxi-etil-13-etil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (13) 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-hexilbenzoiloxi)benzoiloxi)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- 35 (14) 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)benzoiloxi)benzoiloxi)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (15) 3-fenil-3-(4-(4-metoxifenil)-piperazin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(3-fenilprop-2-inoiloxi)fenil)piperazin-1-il)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- 40 (16) 3-(4-metoxifenil)-3-(4-(4-metoxifenil)piperazin-1-il)fenil)-13-etil-13-hidroxi-etil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (17) 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxi]-13-etil-6-metoxi-7-(4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperadin-1-il)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- 45 (18) 3-fenil-3-(4-[4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperidin-1-il)-fenil)-13-etil-13-hidroxi-6-metoxi-7-(4-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-piperidin-1-il)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- 50 (19) 3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-(3-fenil-3-(4-(pirrolidin-1-il)fenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]piran-7-il)-piperadin-1-il)oxicarbonil)fenil)fenil)carboniloxi)-indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano;
- (20) 3-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-3-fenil-7-metoxicarbonil-3H-nafto[2,1-b]pirano;
- (21) 3-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-3-fenil-7-hidroxicarbonil-3H-nafto[2,1-b]pirano;
- 55 (22) 3-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-3-fenil-7-(4-fenil-(fen-1-oxi)carbonil)-3H-nafto[2,1-b]pirano;
- (23) 3-(4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil)-3-fenil-7-(N-(4-(4-dimetilamino)fenil)diazenil)fenil)carbamoil-3H-nafto[2,1-b]pirano;
- (24) 2-fenil-2-{4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil}-benzofuro[3',2':7,8]benzo[b]pirano;
- 60 (25) 2-fenil-2-{4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil}-benzotieno[3',2':7,8]benzo[b]pirano;
- (26) 7-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi]-2-fenil-2-(4-pirrolidin-1-il-fenil)-6-metoxicarbonil-2H-benzo[b]pirano;
- (27) 2-fenil-2-{4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil}-9-hidroxi-8-metoxicarbonil-2H-nafto[1,2-b]pirano;
- (28) 2-fenil-2-{4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil}-9-hidroxi-8-(N-(4-butil-fenil)carbamoil-2H-nafto[1,2-b]pirano);
- 65 (29) 2-fenil-2-{4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil}-9-hidroxi-8-(N-(4-fenil)fenil)carbamoil-2H-nafto[1,2-b]pirano;

- (31) 1,3,3-trimetil-6'-(4-[N-(4-butilfenil)carbamoil]-piperidin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- (32) 1,3,3-trimetil-6'-(4-(4-metoxifenil)piperazin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- (33) 1,3,3-trimetil-6'-(4-(4-hidroxifenil)piperazin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- (34) 1,3,3,5,6-pentametil-7'-(4-(4-metoxifenil)piperazin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- 5 (35) 1,3-dietil-3-metil-5-metoxi-6'-(4-(4'-hexiloxi-bifenil-4-carboniloxi)-piperidin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- (36) 1,3-dietil-3-metil-5-[4-(4-pentadecafluoroheptiloxi-fenilcarbamoil)-benciloxi]-6'-(4-(4'-hexiloxi-bifenil-4-carboniloxi)-piperidin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- (37) 2-fenil-2-{4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil}-5-carbometoxi-8-(N-(4-fenil)fenil) carbamoil-2H-nafto[1,2-b]pirano;
- 10 (38) 2-fenil-2-{4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil}-5-carbometoxi-8-(N-(4-fenil)fenil) carbamoil-2H-fluoranteno[1,2-b]pirano;
- (39) 2-fenil-2-{4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil}-5-carbometoxi-11-(4-{17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi}fenil)-2H-fluoranteno[1,2-b]pirano;
- 15 (40) 1-(4-carboxibutil)-6-(4-(4-propilfenil)carboniloxi)fenil)-3,3-dimetil-6'-(4-etoxicarbonil)-piperidin-1-il)-espiro[(1,2-dihidro-9H-dioxolano[4',5':6,7]indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- (41) 1-(4-carboxibutil)-6-(4-(4-propilfenil)carboniloxi)fenil)-3,3-dimetil-7'-(4-etoxicarbonil)-piperidin-1-il)-espiro[(1,2-dihidro-9H-dioxolano[4',5':6,7]indolin-2,3'-3H-nafto[1,2-b][1,4]oxazina];
- 20 (42) 1,3-dietil-3-metil-5-(4-{17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi}fenil)-6'-(4-(4'-hexiloxi-bifenil-4-carboniloxi)-piperidin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[2,1-b][1,4]oxazina];
- (43) 1-butyl-3-etil-3-metil-5-metoxi-7'-(4-(4'-hexiloxi-bifenil-4-carboniloxi)-piperidin-1-il)-espiro[indolin-2,3'-3H-nafto[1,2-b][1,4]oxazina];
- 25 (44) 2-fenil-2-{4-[4-(4-metoxi-fenil)-piperazin-1-il]-fenil}-5-metoxicarbonil-6-metil-2H-9-(4-(4-propilfenil)carboniloxi)fenil)(1,2-dihidro-9H-dioxolano[4',5':6,7] nafto[1,2-b]pirano;
- (45) 3-(4-metoxifenil)-3-(4-(4-metoxifenil)piperazin-1-il)fenil)-13-etil-13-hidroxi-6-metoxi-7-(4-(4-propilfenil)carboniloxi)fenil)-[1,2-dihidro-9H-dioxolano[4',5':6,7][indeno[2',3':3,4]]nafto[1,2-b]pirano;
- (46) 3-fenil-3-(4-(4-metoxifenil)piperazin-1-il)fenil)-13-etil-13-hidroxi-6-metoxi-7-(4-(4-hexilfenil)carboniloxi)fenil)-[1,2-dihidro-9H-dioxolano[4',5':5,6][indeno[2',3':3,4]] nafto[1,2-b]pirano;
- 30 (47) 4-(4-((4-ciclohexiliden-1-etil-2,5-dioxopirrolin-3-iliden)etil)-2-tienil)fenil-(4-propil)benzoato;
- (48) 4-(4-((4-adamantan-2-iliden-1-(4-(4-hexilfenil)carboniloxi)fenil)-2,5-dioxopirrolin-3-iliden)etil)-2-tienil)fenil-(4-propil)benzoato;
- (49) 4-(4-((4-adamantan-2-iliden-2,5-dioxo-1-(4-(4-(4-propilfenil)piperazinil)fenil)pirrolin-3-iliden)etil)-2-tienil)fenil (4-propil)benzoato;
- 35 (50) 4-(4-((4-adamantan-2-iliden-2,5-dioxo-1-(4-(4-(4-propilfenil)piperazinil)fenil)pirrolin-3-iliden)etil)-1-metilpirrol-2-il)fenil (4-propil)benzoato;
- (51) 4-(4-((4-adamantan-2-iliden-2,5-dioxo-1-(4-{17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi}fenil)pirrolin-3-iliden)etil)-1-metilpirrol-2-il)fenil(4-propil)benzoato;
- 40 (52) 4-(4-metil-5,7-dioxo-6-(4-(4-(4-propilfenil)piperazinil)fenil)espiro[8,7a-dihidrothiapheno[4,5-f]isoindole-8,2'-adamantane]-2-il)fenil (4-propil)fenilbenzoato;
- (53) N-(4-{17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarboniloxi}fenil)-6,7-dihidro-4-metil-2-fenilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano);
- 45 (54) N-cianometil-6,7-dihidro-2-(4-(4-(4-propilfenil)piperazinil)fenil)-4-metilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1] decano);
- (55) N-feniletil-6,7-dihidro-2-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)fenil-4-metilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1] decano);
- 50 (56) N-feniletil-6,7-dihidro-2-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)fenil-4-ciclopropilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1] decano);
- (57) N-feniletil-6,7-dihidro-2-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)fenil-4-ciclopropil espiro(5,6-benzo[b]furodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano);
- (58) N-cianometil-6,7-dihidro-4-(4-(4-(4-hexilbenzoiloxi)fenil)piperazin-1-il)fenil-2-fenilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano);
- 55 (59) N-[17-(1,5-dimetil-hexil)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]fenantren-3-iloxicarbonil-6,7-dihidro-2-(4-metoxifenil)fenil-4-metilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano);
- (60) N-cianometil-2-(4-(6-(4-butilfenil)carboniloxi-(4,8-dioxabicyclo[3.3.0]oct-2-il))oxicarbonil)fenil-6,7-dihidro-4-ciclopropilspiro(5,6-benzo[b] tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano);
- 60 (61) 6,7-dihidro-N-metoxicarbonilmetil-4-(4-(6-(4-butilfenil)carboniloxi-(4,8-dioxabicyclo[3.3.0]oct-2-il))oxicarbonil)fenil-2-fenilspiro(5,6-benzo[b]tiofenodicarboxiimida-7,2-triciclo[3.3.1.1]decano); y
- (62) 3-fenil-3-(4-pirrolidinilfenil)-13,13-dimetil-6-metoxi-7-(4-(4-(4-(6-(4-(4-(4-(4-nonilfenilcaboniloxi)fenil)oxicarbonil)fenoxi)-hexiloxi)fenil)piperazin-1-il)indeno[2',3':3,4]nafto[1,2-b]pirano.
- 65

4. El elemento óptico de la reivindicación 1, en el que el al menos un compuesto fotocromico-dicroico térmicamente

reversible y alineado al menos parcialmente tiene una relación de absorción promedio de al menos 1,5 en un estado activado según se determina de acuerdo con el procedimiento DE CELDA.

- 5 5. El elemento óptico de la reivindicación 1, en el que el sustrato se elige entre sustratos no teñidos, sustratos teñidos, sustratos fotocromicos, sustratos fotocromicos teñidos y sustratos linealmente polarizantes.
- 10 6. El elemento óptico de la reivindicación 1, en el que el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado está adaptado para no ser polarizante en un primer estado y polarizante linealmente en un segundo estado, estando especialmente adaptado para polarizar linealmente al menos radiación ultravioleta en el segundo estado o estando adaptado para polarizar linealmente al menos radiación visible en el segundo estado o está adaptado para polarizar linealmente radiación visible tanto en el primer estado como en el segundo estado.
- 15 7. El elemento óptico de la reivindicación 4, en el que la relación de absorción promedio es superior a 2,3 o varía de 1,5 a 50 o varía de 2,5 a 50 o de 3 a 30 o varía de 4 a 20.
- 20 8. El elemento óptico de la reivindicación 1, en el que el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado puede comprender al menos dos compuestos fotocromicos-dicroicos térmicamente reversibles y alineados al menos parcialmente, en el que los al menos dos compuestos fotocromicos-dicroicos alineados al menos parcialmente tienen al menos uno de: espectros de absorción complementarios y estados de polarización lineal complementarios.
- 25 9. El elemento óptico de la reivindicación 1, en el que el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado comprende un polímero de fases separadas que comprende una fase de matriz ordenada al menos parcialmente y una fase huésped ordenada al menos parcialmente, donde al menos una parte de la fase huésped ordenada al menos parcialmente comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible térmicamente que está alineado al menos parcialmente con al menos una parte de la fase huésped ordenada al menos parcialmente.
- 30 10. El elemento óptico de la reivindicación 1, en el que el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado comprende una red de polímero interpenetrante que comprende al menos un material anisotrópico ordenado al menos parcialmente y al menos un material polimérico, en el que al menos una parte del material anisotrópico ordenado al menos parcialmente comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible térmicamente que está alineado al menos parcialmente con al menos una parte del material anisotrópico ordenado al menos parcialmente.
- 35 11. El elemento óptico de la reivindicación 1, en el que el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado comprende además al menos un material dicroico elegido entre azometinas, indigoides, tioindigoides, merocianinas, indanos, colorantes quinoxalínicos, perilenos, ftaloperinas, trifenodioxazinas, indoloquinoxalinas, imidazo-triazinas, tetrazinas, colorantes azo y (poli)azo, benzoquinonas, naftoquinonas, antroquinonas y (poli)antroquinonas, antropirimidinonas, yodo y yodatos.
- 40 12. El elemento óptico de la reivindicación 1, que comprende además al menos un revestimiento de imprimación entre la al menos una parte de la al menos una superficie del sustrato y el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado conectado a la al menos una parte de la al menos una superficie del sustrato.
- 45 13. El elemento óptico de la reivindicación 1, en donde el elemento óptico se elige entre elementos oftálmicos, elementos de visualización, ventanas, espejos y elementos de celdas de cristales líquidos activos y pasivos, seleccionándose especialmente el elemento oftálmico de lentes correctoras, lentes no correctoras, lentes de contacto, lentes intraoculares, lentes de aumento, lentes protectoras y visores y/o estando el elemento de visualización especialmente elegido entre pantallas, monitores y elementos de seguridad.
- 50 14. El elemento óptico de la reivindicación 1, en el que el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado está adaptado para ser transparente en el primer estado y coloreado en el segundo estado o adaptado para tener un primer color en el primer estado y un segundo color en el segundo estado o adaptado para polarizar linealmente radiación ultravioleta en el primer estado y radiación visible en el segundo estado o tiene una relación de absorción promedio de al menos 1,5 en al menos un estado, especialmente una relación de absorción promedio que varía de 1,5 a 50 en al menos un estado.
- 55 15. El elemento óptico de la reivindicación 1, que comprende además al menos un revestimiento al menos parcial adicional seleccionado entre revestimientos fotocromicos, revestimientos antirreflectantes, revestimientos de polarización lineal, revestimientos de polarización circular, revestimientos de polarización elíptica, revestimientos de transición, revestimientos de imprimación y revestimientos protectores conectados en al menos una parte del sustrato.
- 60 16. El elemento óptico de la reivindicación 1, en donde el revestimiento al menos parcial que tiene el primer estado y el segundo estado comprende además al menos un aditivo seleccionado entre colorantes, promotores del

alineamiento, aditivos potenciadores de la cinética, fotoiniciadores, iniciadores térmicos, inhibidores de la polimerización, disolventes, estabilizantes de la luz, estabilizantes térmicos, agentes de desmoldeo, agentes de control de la reología, agentes nivelantes, secuestrantes de radicales libres y promotores de la adhesión.

- 5 17. Un método de fabricación de un elemento óptico, que comprende formar un revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromático-dicroico alineado parcialmente y térmicamente reversible sobre al menos una parte de un sustrato, en el que el compuesto fotocromático-dicroico comprende: (a) al menos un grupo fotocromático (PC) elegido entre piranos, oxazinas y fúlgidos; y (b) al menos un agente de alargamiento (L) unido a, es decir unido directamente o unido indirectamente a través de otro grupo, al por lo menos un grupo fotocromático y representado por:



- 15 en la que cada Q_1 , Q_2 y Q_3 se selecciona independientemente en cada ocasión entre: un grupo divalente elegido de entre un grupo aromático no sustituido o sustituido, un grupo alicíclico no sustituido o sustituido, un grupo heterocíclico no sustituido o sustituido, y mezclas de los mismos, en donde los sustituyentes se eligen entre: un grupo representado por P (como se establece a continuación), arilo, tiol, amida, mesógenos de cristal líquido, halógeno, alcoxi C_1-C_{18} , poli(alcoxi C_1-C_{18}), amino, aminoalquileo (C_1-C_{18}), alquilamino C_1-C_{18} , di-alquilamino (C_1-C_{18}), alquilo C_1-C_{18} , alqueno C_2-C_{18} , alquino C_2-C_{18} , alquil C_1-C_{18} -alcoxi (C_1-C_{18}), alcoxycarbonilo C_1-C_{18} , alquilcarbonilo C_1-C_{18} , carbonato de alquilo C_1-C_{18} , carbonato de arilo, acetilo C_1-C_{18} , cicloalquilo C_3-C_{10} , cicloalcoxi C_3-C_{10} , isocianato, amido, ciano, nitro, un grupo alquilo C_1-C_{18} de cadena lineal o ramificada que está monosustituido con ciano, halo o alcoxi C_1-C_{18} , o polisustituido con halógeno, y un grupo representado por una de las fórmulas siguientes: $-M(T)_{(t-1)}$ y $-M(OT)_{(t-1)}$, en las que M se elige entre aluminio, antimonio, tantalio, titanio, circonio y silicio, T se elige de radicales organofuncionales, radicales hidrocarburo organofuncionales, radicales de hidrocarburo alifático y radicales de hidrocarburo aromático, y t es la valencia de M;
- 20 cada S_1 , S_2 , S_3 , S_4 y S_5 se elige independientemente en cada ocasión de una unidad espaciadora seleccionada entre:

- 30 (1) $-(CH_2)_g-$, $-(CF_2)_h-$, $-\text{Si}(CH_2)_g-$, $-\text{Si}[(CH_3)_2O]_h-$, en las que g se elige independientemente en cada ocasión entre 1 y 20; h se elige entre 1 y 16;
- (2) $-N(Z)-$, $-C(Z)=C(Z)-$, $-C(Z)=N-$, $-C(Z')-C(Z')-$, en las que Z se selecciona independientemente en cada ocasión entre hidrógeno, alquilo C_1-C_6 , cicloalquilo y arilo, y Z' se selecciona en cada ocasión entre alquilo C_1-C_6 , cicloalquilo y arilo; y
- 35 (3) $-O-$, $-C(O)-$, $-C\equiv C-$, $-N=N-$, $-S-$, $-S(O)-$, $-S(O)(O)-$, resto de alquileo C_1-C_{24} de cadena lineal o ramificada, estando dicho resto de alquileo C_1-C_{24} no sustituido, monosustituido con ciano o halógeno o polisustituido con halógeno;

- 40 con la condición de que cuando dos unidades espaciadoras que comprenden heteroátomos están unidas, las unidades espaciadoras se unan de manera que los heteroátomos no estén directamente unidos entre sí, y cuando S_1 y S_5 están unidas al PC y al P, respectivamente, están unidas de forma que dos heteroátomos no estén unidos directamente entre sí;

- c, d, e y f se eligen cada uno independientemente de un número entero que varía entre 0 y 20, ambos incluidos; y d', e' y f' se eligen cada uno independientemente entre 0, 1, 2, 3 y 4, con la condición de que una suma de d' + e' + f' sea al menos 2; y

- 45 P puede elegirse entre: aziridinilo, hidrógeno, hidroxilo, arilo, alquilo, alcoxi, amino, alquilamino, alquilalcoxi, alcoxialcoxi, nitro, éter de polialquilo, alquil (C_1-C_6)-alcoxi (C_1-C_6)-alquilo (C_1-C_6), polietileno, polipropileno, etileno, acrilato, metacrilato, 2-cloroacrilato, 2-fenilacrilato, acrilolifenileno, acrilamida, metacrilamida, 2-cloroacrilamida, 2-fenilacrilamida, acriloxi, metacriloxi, 2-(acriloxi)etilcarbamilo, 2-(metacriloxi)etilcarbamilo, aziridina, carbonato de alilo, epoxi, isocianato, tiol, tioisocianato, éster de ácido itacónico, éter vinílico, éster vinílico, un derivado de estireno, siloxano, polímeros de cristal líquido de cadena principal y de cadena lateral, un mesógeno de cristal líquido, derivados de etilenimina, derivados de ácido maleico, derivados de ácido fumárico, derivados de ácido cinámico sin sustituir, derivados de ácido cinámico que están sustituidos con al menos uno de metilo, metoxi, ciano y halógeno, y grupos monovalentes o divalentes quirales o no quirales sustituidos o no sustituidos elegidos entre radicales esteroides, radicales terpenoides, radicales alcaloides y mezclas de los mismos, en donde los sustituyentes se eligen independientemente entre un alquilo, un alcoxi, amino, cicloalquilo, alquilalcoxi, un fluoroalquilo, un cianoalquilo, un cianoalcoxi y mezclas de los mismos, y
- 50 en donde además del al menos un compuesto fotocromático-dicroico alineado al menos parcialmente, al menos un material anisotrópico ordenado al menos parcialmente está conectado al menos a una parte del sustrato.

- 60 18. El método de la reivindicación 17, en el que el revestimiento al menos parcial tiene una relación de absorción promedio de al menos 1,5 y/o el al menos un compuesto fotocromático-dicroico térmicamente reversible y al menos parcialmente alineado tiene una relación de absorción promedio de al menos 1,5 en un estado activado según se determina según el procedimiento DE CELDA, o en el que la relación de absorción es mayor que 2,3.

- 65 19. El método de la reivindicación 17, en el que la formación del revestimiento al menos parcial comprende:

- aplicar el al menos un material anisotrópico a al menos una parte del sustrato;
 embeber el al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible térmicamente en al menos una parte del al
 menos un material anisotrópico;
 5 ordenar al menos parcialmente al menos una parte del material anisotrópico; y
 alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible
 térmicamente con al menos una parte del material anisotrópico ordenado al menos parcialmente.
20. El método de la reivindicación 19, en el que embeber el al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible
 10 térmicamente en al menos una parte del al menos un material anisotrópico se produce al menos uno de: antes,
 durante o después de ordenar al menos parcialmente al menos una parte del material anisotrópico.
21. El método de la reivindicación 17, en el que la formación del revestimiento al menos parcial comprende:
- 15 aplicar al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible térmicamente y al menos un material anisotrópico
 a al menos una parte del sustrato;
 ordenar al menos parcialmente al menos una parte del material anisotrópico; y
 alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible
 térmicamente con al menos una parte del material anisotrópico ordenado al menos parcialmente.
- 20 22. El método de la reivindicación 21, en el que aplicar al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible
 térmicamente y al menos un material anisotrópico a la al menos una parte del sustrato se produce al menos uno de:
 antes, durante o después de ordenar al menos parcialmente al menos una parte del material anisotrópico y alinear al
 menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible térmicamente.
- 25 23. El método de la reivindicación 21, en el que aplicar al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible
 térmicamente y al menos un material anisotrópico a al menos una parte del sustrato comprende:
- 30 aplicar un sistema de polímero separador de fases que comprende un material formador de fase matriz que
 comprende un material de cristal líquido y un material formador de fase huésped que comprende el al menos un
 material anisotrópico y al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible térmicamente a al menos una
 parte del sustrato;
 ordenar al menos parcialmente al menos una parte del material que forma la fase de la matriz y al menos una
 parte del material que forma la fase huésped;
 35 alinear al menos parcialmente al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible
 térmicamente con al menos una parte del material formador de la fase huésped ordenada al menos parcialmente;
 y
 hacer que al menos una parte del material formador de la fase huésped se separe de al menos una parte del
 material formador de la fase de matriz mediante al menos uno de separación de fases inducida por
 polimerización y separación de fases inducida por disolvente.
- 40 24. El método de la reivindicación 23, en el que aplicar el sistema de polímero separador de fases comprende aplicar
 una solución que comprende el material formador de la fase de matriz, el material formador de la fase huésped, el al
 menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible térmicamente y al menos un disolvente común en al menos una
 parte del sustrato óptico.
- 45 25. El método de la reivindicación 24, en el que:
- 50 el material formador de la fase de matriz es un polímero de cristal líquido y el material formador de la fase
 huésped es un polímero de cristal líquido que es diferente del polímero de cristal líquido del material formador de
 la fase de matriz; y
 hacer que al menos una parte del material formador de la fase huésped se separe de al menos una parte del
 material formador de la fase de matriz comprende evaporar al menos una parte del al menos un disolvente
 común.
- 55 26. El método de la reivindicación 23, en el que:
- 60 el material formador de la fase de matriz es un monómero de cristal líquido y el material formador de la fase
 huésped se elige entre un mesógeno de cristal líquido y un monómero de cristal líquido de baja viscosidad que
 es diferente del monómero de cristal líquido del material formador de la fase de matriz; y
 hacer que al menos una parte del material formador de la fase huésped se separe de al menos una parte del
 material formador de la fase de matriz comprende polimerizar al menos una parte del monómero de cristal líquido
 del material formador de la fase de matriz, que comprende especialmente al menos uno de polimerización
 fotoinducida y polimerización inducida térmicamente.
- 65 27. El método de la reivindicación 26, en el que el material formador de la fase huésped es un monómero de cristal
 líquido de baja viscosidad, y en el que al menos una parte del material formador de la fase huésped se polimeriza al

menos parcialmente después de polimerizar al menos una parte del monómero de cristal líquido del material formador de la fase matriz.

- 5 28. El método de la reivindicación 23, en el que el material formador de la fase de matriz comprende un material de cristal líquido elegido entre monómeros de cristal líquido, prepolímeros de cristal líquido y polímeros de cristal líquido y/o en el que el material formador de la fase huésped comprende un material de cristal líquido seleccionado de mesógenos de cristal líquido, monómeros de cristal líquido, prepolímeros de cristal líquido y polímeros de cristal líquido.
- 10 29. El método de la reivindicación 17 que comprende además impartir al menos un equipo de orientación sobre al menos una parte de un sustrato antes de formar el revestimiento al menos parcial que comprende al menos un compuesto fotocromico-dicroico térmicamente reversible y al menos parcialmente alineado, sobre la al menos una parte de un sustrato, tal que al menos una parte del al menos un equipo de orientación esté entre al menos una parte del revestimiento al menos parcial y al menos una parte del sustrato.
- 15 30. El método de la reivindicación 29, en el que impartir el al menos un equipo de orientación en la al menos una parte del sustrato comprende al menos uno de:
- 20 formar un revestimiento al menos parcial que comprende un medio de alineación ordenado al menos parcialmente en la al menos una parte del sustrato; aplicar una lámina de polímero al menos parcialmente ordenada a la al menos una parte del sustrato; tratar al menos parcialmente al menos una parte de al menos una superficie del sustrato; y formar una película de Langmuir-Blodgett sobre al menos una parte del sustrato, en donde especialmente el medio de alineación se elige entre materiales de fotoorientación, materiales de orientación frotados y materiales de cristal líquido.
- 25 31. El método de la reivindicación 30, en el que formar el revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación ordenado al menos parcialmente comprende aplicar un medio de alineación a al menos una parte del sustrato y ordenar al menos parcialmente al menos una parte del medio de alineación.
- 30 32. El método de la reivindicación 30, en el que el medio de alineación es un material de fotoorientación y ordenar al menos parcialmente al menos una parte del medio de alineación comprende exponer al menos una parte del material de fotoorientación a radiación ultravioleta polarizada linealmente y especialmente en donde formar el revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación al menos parcialmente ordenado comprende ajustar al menos parcialmente al menos una parte del medio de alineación después de ordenar al menos parcialmente al menos una parte del medio de alineación mediante al menos uno de al menos uno de secar al menos parcialmente al menos una parte del medio de alineación, reticular al menos parcialmente la al menos una parte del medio de alineación y curar al menos parcialmente la al menos una parte del medio de alineación.
- 35 33. El método de la reivindicación 32, en el que curar al menos parcialmente la al menos una parte del medio de alineación comprende al menos uno de curado ultravioleta, curado con haz de electrones y curado térmico.
- 40 34. El método de la reivindicación 29, en el que la formación del revestimiento al menos parcial que comprende el al menos un compuesto fotocromico-dicroico alineado al menos parcialmente comprende:
- 45 aplicar una composición polimerizable, al menos un material anisotrópico, y al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible térmicamente a al menos una parte del al menos un equipo de orientación;
- 50 alinear al menos una parte del al menos un material anisotrópico con al menos una parte del al menos un equipo de orientación; y alinear al menos una parte del al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible térmicamente con al menos una parte del al menos un material anisotrópico alineado al menos parcialmente.
- 55 35. El método de las reivindicaciones 21 o 34 que comprende además al menos parcialmente ajustar al menos una parte del al menos un material anisotrópico, comprendiendo especialmente reticular al menos parcialmente al menos una parte del al menos un material anisotrópico exponiendo al menos una parte del revestimiento al menos parcial a radiación ultravioleta y ajustando al menos parcialmente al menos una parte de la composición polimerizable exponiendo al menos una parte del revestimiento al menos parcial a energía térmica.
- 60 36. El método de la reivindicación 35, en el que ajustar al menos parcialmente al menos una parte del al menos un material anisotrópico se produce al menos uno de: antes, durante o después de ajustar al menos parcialmente al menos una parte de la composición polimerizable.
- 65 37. El método de la reivindicación 35, en el que al menos un material anisotrópico es un material de cristal líquido y la composición polimerizable comprende monómeros dihidroxílicos y monómeros de isocianato.
38. El método de la reivindicación 21, en el que aplicar el al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible

térmicamente a la al menos una parte del revestimiento al menos parcial que comprende el medio de alineación o aplicar el al menos un compuesto fotocromico-dicroico reversible térmicamente y al menos un material anisotrópico comprende al menos uno de revestimiento por centrifugación, revestimiento por pulverización, revestimiento por pulverización y centrifugado, recubrimiento con cortina, revestimiento de flujo, revestimiento por inmersión, moldeo por inyección, fundición, revestimiento con rodillo, recubrimiento con alambre, sobremoldeo e inmersión.

39. El método de las reivindicaciones 21 o 31, en el que ordenar al menos parcialmente al menos una parte de al menos un material anisotrópico o el medio de alineación comprende al menos uno de exponer la al menos una parte del material anisotrópico o el medio de alineación a radiación ultravioleta polarizada linealmente o a radiación infrarroja polarizada linealmente o a radiación visible polarizada linealmente o a un campo magnético o a un campo eléctrico o a una fuerza de corte o secar al menos una parte del medio de alineación o grabar la al menos una parte del medio de alineación o frotar la al menos una parte del medio de alineación.

FIG. 1

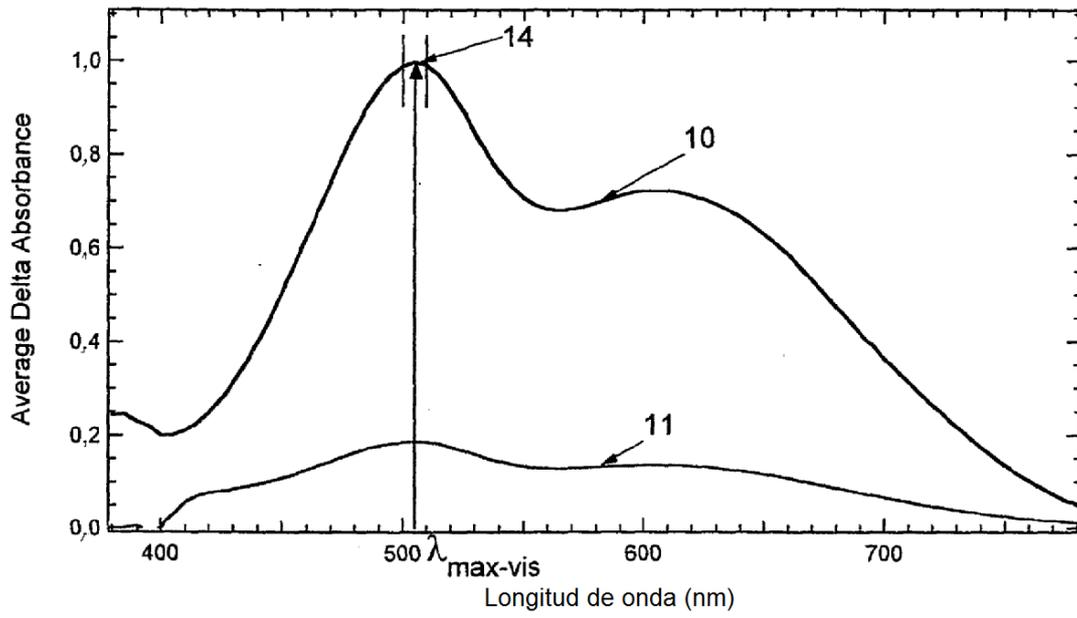


FIG. 2

