



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 445**

51 Int. Cl.:
H01L 31/055 (2006.01)
F24J 2/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06716662 .9**
96 Fecha de presentación : **16.02.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1854150**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.11.2007**

54 Título: **Sistema multicapa luminiscente y uso del mismo.**

30 Prioridad: **16.02.2005 EP 05075375**
16.02.2005 EP 05075376

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.11.2011

73 Titular/es:
KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven, NL

72 Inventor/es: **Debije, Michael G.;**
Bastiaansen, Cees W.M.;
Broer, Dick J.;
Escuti, Michael J. y
Sánchez, Carlos

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 367 445 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

Sistema multicapa luminiscente y uso del mismo.

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a un objeto luminiscente y en particular a la aplicación de un objeto luminiscente de este tipo en dispositivos concentradores luminiscentes ópticos, tales como dispositivos concentradores solares luminiscentes.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 El coste de la energía solar por vatio unitario es aproximadamente 5-10 veces superior al de la energía de otras fuentes, que incluyen carbón, petróleo, eólica, biomasa y nuclear. Con el fin de reducir el coste de la generación de energía solar en sistemas fotovoltaicos, es deseable hacer un uso eficaz de la parte más cara del sistema, concretamente la celda fotovoltaica (celda solar). Convencionalmente, esto se realiza usando grandes concentradores solares que concentran la luz (platos parabólicos o cóncavos). Estos dispositivos tienen diversas desventajas, incluyendo un alto coste de inversión, alto coste de mantenimiento, formas difíciles de manejar, y la necesidad de seguir al Sol a medida que cruza el cielo: para una revisión del estado de la técnica actual, véase Swanson, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 8, 93 (2000).

20 Una opción alternativa que ha sido objeto de investigaciones es usar una guía de ondas que recoge la luz y la transporta hasta una pequeña celda fotovoltaica. Algunos de estos esfuerzos intentaron usar medios holográficos (documento US5877874) u ópticas geométricas para redirigir la luz (véase por ejemplo T. Uematsu *et al* Sol Energ Mater Sol C 67, 415 (2001) y el documento US 4.505.264). Estos intentos fueron bastante insatisfactorios, especialmente para grandes distancias de transporte debido a que las eficacias eran bajas o los sistemas requerían el seguimiento del Sol o los sistemas eran complejos y no eran adecuados para la producción a gran escala o combinaciones de los mismos.

25 Los concentradores solares luminiscentes (LSC) representan otra alternativa que ha sido objeto de investigaciones, predominantemente porque estos sistemas son fáciles de producir a bajo coste y porque estos sistemas no requieren el seguimiento del Sol. Los LSC consisten básicamente en una gran placa, lámina, película, fibra, cinta, tejido o recubrimiento poliméricos o de vidrio que se dopan con moléculas de colorantes fluorescentes. Los colorantes absorben luz de longitudes de onda específicas de la luz solar que incide sobre los mismos, y vuelven a emitir la luz en todas direcciones a una longitud de onda más larga. Una parte de esa luz se emite dentro del ángulo crítico de la guía de ondas de soporte, y se refleja totalmente de manera interna y se transporta hasta la celda fotovoltaica. El LSC tiene la ventaja de combinar materiales menos caros con flexibilidad (especialmente cuando se usa una guía de ondas de plástico) sin la necesidad de un disipador térmico o un sistema de seguimiento del Sol. Se describe un sistema de muestra con un fin diferente (iluminación de salas) en Earp *et al*, Sol Energ Mat Sol C 84, 411 (2004). Actualmente, no se usan comercialmente sistemas de LSC debido principalmente a su mala eficacia. Esta baja eficacia global se origina de una alta reabsorción de la luz emitida (desplazamiento de Stokes limitado del colorante), de una mala eficacia de acoplamiento de luz en la guía de ondas y de una mala eficacia de mantenimiento de la luz dentro de la guía de ondas.

40 El documento DE2737847 describe un dispositivo para la conversión de energía luminosa en energía eléctrica o calor, en el que la luz se recibe en una capa transparente, cuyo índice de refracción es mayor que el del entorno de la capa, y que contiene centros fluorescentes, y se alimenta a una celda solar. Esta capa también se denomina colector o concentrador. Se combinan entre sí más de una combinación de concentrador/celda solar, con acoplamiento intermedio, en las que cada concentrador convierte parte del espectro en luz fluorescente y alimenta esta luz a una celda solar.

45 El documento US2002/074035 describe un generador fotovoltaico que incluye al menos una celda fotovoltaica, y una matriz transparente colocada con al menos un material ópticamente activo con una longitud de onda de absorción λ y una longitud de onda de reemisión λ , seleccionándose el material ópticamente activo de tal manera que λ corresponde a un intervalo de la celda fotovoltaica con una menor sensibilidad que λ , teniendo la matriz una superficie de entrada y una superficie opuesta y comprende un recubrimiento reflector y un filtro dicróico sobre la superficie de entrada que refleja sustancialmente longitudes de onda más largas que aproximadamente 950 nm y es sustancialmente transparente para longitudes de onda inferiores a aproximadamente 950 nm, y sobre la superficie opuesta la matriz tiene un recubrimiento reflector que refleja longitudes de onda superiores a aproximadamente 400 nm, y en el que la celda fotovoltaica está incluida en la matriz.

55 El documento EP0933655 describe polarizadores PL que se caracterizan por un bajo grado de polarización en su absorción y un alto grado de polarización en su emisión. La invención también da a conocer métodos para producir tales polarizadores PL. Además, el documento EP0933655 describe dispositivos de visualización de alto brillo y contraste que comprenden al menos un polarizador fotoluminiscente que se caracterizan por un bajo grado de polarización en su absorción y un alto grado de polarización en su emisión.

La presente invención pretende remediar esos inconvenientes de los sistemas de LSC, en particular proporcionando medios para aumentar la eficacia con la que se mantiene la luz emitida en el sistema de LSC.

SUMARIO DE LA INVENCION

5 Ninguno de los documentos de la técnica anterior disponibles sugiere usar una capa colestérica de polímero nemático quiral como espejo reflector selectivo en longitud de onda en el contexto de dispositivos fotovoltaicos.

10 Los inventores han descubierto que la eficacia de los sistemas de LSC puede aumentarse sustancialmente empleando (a) una capa luminiscente o núcleo luminiscente que contiene un material fotoluminiscente en combinación con (b) uno o más espejos selectivos en longitud de onda que son enormemente transparentes a la luz absorbida por el material fotoluminiscente y que reflejan fuertemente la radiación óptica que se emite por el material fotoluminiscente. En una realización preferida, se proporciona un objeto luminiscente que comprende una capa o núcleo luminiscente que contiene un material fotoluminiscente y un espejo selectivo en longitud de onda, en el que la capa luminiscente o el núcleo luminiscente está acoplado ópticamente al espejo selectivo en longitud de onda, siendo dicho espejo selectivo en longitud de onda transparente en al menos el 50% a la luz absorbida por el material fotoluminiscente y reflectante en al menos el 50% a la radiación que se emite por el material fotoluminiscente y en el que el espejo selectivo en longitud de onda comprende una capa colestérica de polímero nemático quiral, tal como se define en la reivindicación 1.

20 El espejo selectivo en longitud de onda mencionado anteriormente puede colocarse de manera adecuada como capa separada en cualquier lugar entre la capa/núcleo luminiscente y la superficie que se pretende que reciba radiación óptica incidente. Por tanto, la luz incidente pasará a través del espejo selectivo en longitud de onda para excitar el material fotoluminiscente contenido en la capa luminiscente o el núcleo luminiscente subyacentes. La radiación óptica emitida por el material fotoluminiscente que incide en el espejo selectivo en longitud de onda se reflejará, impidiendo así que dicha radiación emitida se escape del LSC. Como resultado la radiación emitida se concentra de manera altamente eficaz dentro del LSC, dando como resultado una eficacia global mejorada.

25 El espejo selectivo en longitud de onda también puede aplicarse ventajosamente en el lado opuesto de la capa luminiscente, es decir en el lado opuesto al lado que recibe luz incidente. Por tanto, puede garantizarse que la radiación emitida se refleja de vuelta a la capa luminiscente o a una guía de ondas.

30 Con el fin de realizar los beneficios de la presente invención el espejo selectivo en longitud de onda debe ser enormemente transparente a la radiación que puede excitar el material fotoluminiscente y al mismo tiempo dicho espejo debe reflejar eficazmente la radiación emitida por dicho material fotoluminiscente. Por consiguiente, el uno o más espejos selectivos en longitud de onda empleados en el objeto luminiscente de la presente invención son transparentes en al menos el 50% a la luz absorbida por el material fotoluminiscente y reflectantes en al menos el 50% a la radiación que se emite por el mismo material fotoluminiscente.

35 Por tanto, la invención proporciona el uso de un objeto luminiscente que comprende una capa o núcleo luminiscente que contiene un material fotoluminiscente; y un espejo selectivo en longitud de onda, en el que la capa luminiscente o el núcleo luminiscente está acoplado ópticamente al espejo selectivo en longitud de onda, siendo dicho espejo selectivo en longitud de onda transparente en al menos el 50% a la luz absorbida por el material fotoluminiscente y reflectante en al menos el 50% a la radiación que se emite por el material fotoluminiscente y en el que el espejo selectivo en longitud de onda comprende una capa colestérica de polímero nemático quiral y en una realización específica una capa de apilamiento polimérica, tal como se define en la reivindicación 3.

40 En una realización específica, la invención proporciona el uso de un objeto luminiscente que comprende una capa o núcleo luminiscente que contiene un material fotoluminiscente; y un espejo selectivo en longitud de onda, en el que la capa luminiscente o el núcleo luminiscente está acoplado ópticamente al espejo selectivo en longitud de onda, siendo dicho espejo selectivo en longitud de onda transparente en al menos el 50% a la luz absorbida por el material fotoluminiscente y reflectante en al menos el 50% a la radiación que se emite por el material fotoluminiscente y en el que el espejo selectivo en longitud de onda comprende una capa colestérica de polímero nemático quiral, preferiblemente que comprende una primera capa colestérica que refleja luz polarizada circularmente a la derecha y una segunda capa colestérica que refleja luz polarizada a la izquierda, tal como se define en la reivindicación 2.

45 Los ejemplos de espejos selectivos en longitud de onda que pueden emplearse ventajosamente según la presente invención incluyen apilamientos poliméricos y capas colestéricas de polímero nemático quiral.

50 Según un aspecto de la invención, la invención se refiere al uso de un objeto luminiscente que comprende un polímero alineado que contiene un material fotoluminiscente orientado, teniendo dicho polímero alineado un ángulo de preinclinación de 10-90° con relación a la superficie del objeto. En una realización específica, la invención se refiere a un objeto luminiscente que comprende una capa luminiscente y una guía de ondas, siendo el objeto un material laminado óptico o una fibra óptica, estando el objeto luminiscente acoplado ópticamente a la guía de ondas, comprendiendo el objeto luminiscente un polímero alineado que contiene un material fotoluminiscente orientado, estando dicho material fotoluminiscente orientado inmovilizado dentro del polímero alineado, y teniendo dicho

polímero alineado un ángulo de preinclinación de 10-89°, preferiblemente de 10-90°, más preferiblemente de 10-85°, incluso más preferiblemente de 15-85°, aún incluso más preferiblemente de 30-80°, más preferiblemente de 30-70°, aún incluso más preferiblemente de 40-70°, con relación a la superficie del objeto, tal como se define en las reivindicaciones.

- 5 Este objeto luminiscente puede usarse para convertir luz incidente en luz de una longitud de onda más larga. En caso de que la luz emitida se radie a un ángulo relativamente pequeño con relación a la superficie del objeto (que requiere el uso de un ángulo de preinclinación relativamente alto), la luz emitida puede transportarse eficazmente dentro del plano paralelo a dicha superficie, por ejemplo, a una salida o un dispositivo fotovoltaico. Por tanto, la presente película puede aplicarse como tal, sin una guía de ondas separada, por ejemplo en LSC. En este caso particular resulta muy ventajoso el uso de materiales fotoluminiscentes con un gran desplazamiento de Stokes y/o con poco solapamiento entre los espectros de absorción y de emisión para evitar grandes pérdidas de luz por fenómenos de reabsorción.

DEFINICIONES

- 15 El término "luminiscente" tal como se usa en el presente documento se refiere a la capacidad de un material para emitir luz tras la absorción de luz u otra radiación de energía cuántica suficiente. El término incluye tanto fluorescencia como fosforescencia.

El término "luz" tal como se usa en el presente documento se refiere a radiación óptica que puede ser visible o invisible para el ojo humano.

- 20 La expresión "radiación óptica" se refiere a radiación electromagnética en el intervalo de longitud de onda entre 100 nm y 2000 nm.

El término "fotoluminiscencia" tal como se usa en el presente documento se refiere a luminiscencia generada por la absorción de luz.

- 25 La expresión "material fotoluminiscente" tal como se usa en el presente documento se refiere a átomos o moléculas, incluyendo iones, que pueden producir fotoluminiscencia. La expresión "material fotoluminiscente" también engloba combinaciones de dos o más componentes fotoluminiscentes diferentes, por ejemplo combinaciones de dos o más moléculas fotoluminiscentes diferentes. La expresión "material fotoluminiscente" también engloba sistemas huésped-anfitrión que comprenden una molécula fluorescente, polímeros y/o copolímeros fluorescentes.

- 30 El término "reflectante" tal como se usa en el presente documento significa que un material refleja la mayoría de la luz solar incidente y/o la luz emitida por el material fotoluminiscente. Más particularmente, el término "reflectante" significa que dicho material refleja al menos el 50%, preferiblemente al menos el 60%, más preferiblemente al menos el 80% y lo más preferiblemente al menos el 90% de dicha luz. La reflectividad de un material se determina para la luz incidente perpendicular a la superficie reflectante.

- 35 El término "transparente" tal como se usa en el presente documento significa que un material transmite la mayoría de la luz solar incidente y/o la luz emitida por el material fotoluminiscente. Más particularmente, el término "transparente" significa que dicho material transmite al menos el 50%, preferiblemente al menos el 70%, más preferiblemente al menos el 90% de dicha luz, medido para luz incidente perpendicular a la superficie del objeto que está expuesto a dicha luz incidente.

- 40 La expresión "apilamiento polimérico" se refiere a películas multicapa que contienen subcapas con diferentes índices de refracción basadas en materiales orgánicos (poliméricos) que muestran selectividad en longitud de onda, opcionalmente en combinación con selectividad en polarización: véase, por ejemplo, el documento US 6.157.490.

La expresión "espejo selectivo en longitud de onda" tal como se usa en el presente documento se refiere a espejos que son transparentes a longitudes de onda específicas y reflectantes a otras longitudes de onda, opcionalmente en combinación con selectividad en polarización. En la bibliografía se conoce una variedad de tales espejos.

- 45 La terminología "capa colestérica de polímero nemático quiral" se refiere a una capa que comprende polímeros cuyos grupos mesogénicos están alineados predominantemente paralelos a la superficie de la capa y en los que las moléculas giran unas con respecto a otras en un sentido previamente especificado que se induce mediante un dopante quiral reactivo o no reactivo. Especialmente, la terminología "capa colestérica de polímero nemático quiral" se refiere a una capa que tiene una fase nemática quiral que muestra quiralidad (similar a las manos). Esta fase se denomina con frecuencia la fase colestérica ya que se observó por primera vez para derivados del colesterol. Las moléculas quirales (las moléculas que carecen de simetría de inversión), ya sean reactivas o no reactivas, pueden dar lugar a tal fase. Esta fase muestra un giro de las moléculas a lo largo del director, con el eje molecular perpendicular al director. El ángulo de giro finito entre moléculas adyacentes se debe a su empaquetamiento asimétrico, lo que da como resultado orden quiral de mayor alcance. El paso quiral se refiere a la distancia (a lo

largo del director) a lo largo de la cual los mesógenos experimentan un giro completo de 360°. El paso puede variarse ajustando la temperatura o añadiendo otras moléculas al fluido de LC.

5 Estos espejos selectivos en longitud de onda pueden ajustarse en cuanto a la longitud de onda (véase por ejemplo Katsis *et al* (1999) Chem. Mater. 11, 1590)) o ajustarse en cuanto al ancho de banda (véase por ejemplo Broer *et al* (1995) Nature 378, 467).

La expresión “guía de ondas” tal como se usa en el presente documento se refiere a componentes ópticos que son transparentes a la luz y que confinan la radiación óptica desde una entrada hasta una salida deseada.

10 La expresión “guía de ondas transparente” tal como se usa en el presente documento significa que una guía de ondas transmite la mayor parte de la luz solar incidente y/o la luz emitida por el material fotoluminiscente. Más particularmente, la expresión “guía de ondas transparente” significa que dicha guía de ondas transmite al menos el 50%, preferiblemente al menos el 70% de dicha luz medido para luz incidente perpendicular a la guía de ondas.

Las expresiones “índice de refracción ordinario” e “índice de refracción extraordinario” tal como se usa en el presente documento se refieren a los índices de refracción de un polímero alineado perpendicular y paralelo al eje óptico del polímero alineado, respectivamente.

15 La expresión “índice de refracción de la guía de ondas” se refiere al índice de refracción de la guía de ondas en el estado isotrópico. En casos específicos, pueden usarse guías de ondas orientadas que muestran birrefringencia debido, por ejemplo, a flujo durante el proceso de producción.

20 La expresión “capa polimérica” tal como se usa en el presente documento engloba materiales poliméricos en forma de láminas, tiras, bandas, fibras, cintas, tejidos y hebras. La invención no se limita a capas poliméricas planas e incluye capas poliméricas que se han doblado, modulado o conformado de otro modo, siempre que el polímero alineado dentro de la capa polimérica esté orientado a un ángulo de preinclinación con relación a la superficie del objeto tal como se definió anteriormente.

25 Los términos “alineado” y “orientado” tal como se usa en el presente documento en relación con polímeros, materiales fotoluminiscentes o grupos contenidos en esos polímeros o materiales, son sinónimos e indican que entre esos polímeros, materiales o grupos prevalece una orientación espacial particular.

Mediante la terminología “polímero alineado que tiene un ángulo de preinclinación de 10-90°” pretende decirse que los grupos mesogénicos del polímero alineado están orientados a un ángulo de preinclinación de al menos 10-90° con relación a la superficie del objeto luminiscente.

30 El término “cristal líquido” o “mesógeno” se usa para indicar materiales o compuestos que comprenden uno o más grupos mesogénicos en forma de disco, en forma de plancha, en forma de plátano, en forma de varilla (semi)rígidos, es decir grupos con la capacidad de inducir comportamiento de fase de cristal líquido. Los compuestos de cristal líquido con grupos en forma de varilla o en forma de plancha también se conocen en la técnica como cristales líquidos “calamíticos”. Los compuestos de cristal líquido con un grupo en forma de disco también se conocen en la técnica como cristales líquidos “discóticos”. Los compuestos o materiales que comprenden grupos mesogénicos no tienen que presentar necesariamente una fase de cristal líquido en sí mismos. También es posible que sólo muestren comportamiento de fase de cristal líquido en mezclas con otros compuestos, o cuando los compuestos o materiales mesogénicos, o las mezclas de los mismos, se polimerizan.

35

40 Por motivos de simplicidad, la expresión “material de cristal líquido” se usa a continuación en el presente documento para describir tanto materiales de cristal líquido como materiales mesogénicos, y el término “mesógeno” se usa para los grupos mesogénicos del material. Los compuestos o materiales que comprenden grupos mesogénicos no tienen que presentar necesariamente una fase de cristal líquido en sí mismos. También es posible que sólo muestren comportamiento de fase de cristal líquido en una capa definida (polimerizada), por ejemplo una capa de recubrimiento sobre una guía de ondas (véase a continuación).

45 La expresión “monómero liquidocristalino” tal como se usa en el presente documento se refiere a un material que puede someterse a polimerización proporcionando así unidades de constitución para la estructura esencial de un polímero liquidocristalino.

La expresión “monómero liquidocristalino reactivo” tal como se usa en el presente documento se refiere a un monómero liquidocristalino que contiene un grupo reactivo que puede polimerizarse para formar un polímero liquidocristalino o red polimérica liquidocristalina.

50 La expresión “polímero liquidocristalino” tal como se usa en el presente documento se refiere a un material polimérico en un estado mesomórfico que tiene un orden de orientación de largo alcance y o bien orden de posición parcial o bien desorden de posición completo (IUPAC Recommendations 2001; Pure Appl. Chem. (2002) 74(3), 493-509).

La expresión “razón dicroica” tal como se usa en el presente documento se refiere a la razón dicroica derivada de la absorción selectiva en polarización del material fotoluminiscente.

La razón dicroica se deriva de mediciones de absorción usando luz polarizada linealmente con la siguiente ecuación:

$$R = A_{//} / A_{\perp}.$$

5 En esta ecuación, R es la razón dicroica, $A_{//}$ la absorbancia de la muestra con el campo eléctrico de la luz incidente alineado paralelo a la dirección de alineación inducida por el polímero alineado; y A_{\perp} la absorbancia de la muestra con el campo eléctrico de la luz incidente alineado perpendicular a la dirección de alineación inducida por el polímero alineado. La razón dicroica de un material fotoluminiscente puede determinarse por medio de diferentes técnicas bien conocidas en la técnica, la idoneidad de esas técnicas depende de la naturaleza del material fotoluminiscente y de la matriz polimérica alineada en la que está contenido.

La frase “recubrimiento polimérico fotoluminiscente homeotrópicamente alineado” se refiere a un recubrimiento polimérico que comprende material fotoluminiscente, en el que el ángulo de preinclinación es de 90°.

La expresión “ángulo de preinclinación” de la alineación se refiere a un ángulo tomado con la horizontal, por ejemplo la superficie de una capa superior, y lo conoce el experto en la técnica.

15 DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 representa una sección transversal de un material laminado óptico que comprende una capa 1 luminiscente y una guía 2 de ondas. El material laminado comprende además dos capas 7 y 8 colestéricas reflectantes selectivas en longitud de onda y selectivas en polarización, así como una capa 9 de espejo reflectante. La radiación óptica, representada por las flechas 4, entra en el material laminado a través de la capa 8 colestérica de quiralidad izquierda y la capa 7 colestérica de quiralidad derecha y alcanza la capa 1 luminiscente. Dentro de la capa 1 luminiscente se excitan moléculas 3 fotoluminiscentes, que se han alineado con una preinclinación, mediante la radiación 4 incidente y emiten radiación óptica representada por las flechas 5. Una gran fracción de la radiación 5 emitida entra en la guía 2 de ondas en la que se refleja internamente hasta que alcanza la salida 10 u 11. Las capas 7 y 8 colestéricas garantizan que no más de una fracción diminuta de la radiación 5 emitida se escapará del material laminado ya que juntos estos espejos 7 y 8 selectivos en longitud de onda reflejan eficazmente la radiación emitida que vuelve a entrar en la capa 1 luminiscente. La capa 9 de espejo refleja la radiación 4 óptica y la radiación 5 emitida de vuelta a la guía de ondas.

La figura 2 representa una sección transversal de un material laminado óptico que es idéntico al mostrado en la figura 1, excepto porque la capa 9 de espejo se sustituye por dos capas 9a y 9b colestéricas. Empleando una combinación de capas 7, 8, 9a y 9b colestéricas que es enormemente reflectante para la radiación 5 emitida pero transparente para la radiación 12 óptica que no se absorbe por las moléculas 3 de colorante fotoluminiscentes, puede garantizarse que la radiación 12 óptica se desplazará a través del material laminado completo. Este material laminado particular puede emplearse ventajosamente como cristal de ventana que concentra selectivamente una fracción de la luz solar incidente mientras que permite que la otra fracción se desplace a través del cristal. Tal como se mencionó anteriormente, en vez de dos capas 9a y 9b, pueden usarse más o menos capas.

La figura 3 representa una sección transversal de un material laminado óptico que comprende una capa 1 luminiscente y una guía 2 de ondas. El material laminado comprende además una capa 7 de apilamiento polimérica que comprende una pluralidad de subcapas 7a a 7k, así como una capa 9 de espejo reflectante. La radiación óptica, representada por las flechas 4, entra en el material laminado a través de la capa 7 de apilamiento polimérica y alcanza la capa 1 luminiscente. Dentro de la capa 1 luminiscente se excitan moléculas 3 fotoluminiscentes alineadas con inclinación mediante la radiación 4 incidente y emiten radiación óptica representada por las flechas 5. Una gran fracción de la radiación 5 emitida entra en la guía 2 de ondas en la que se refleja internamente hasta que alcanza la salida 10. La capa 7 de apilamiento polimérica garantiza que no más de una fracción diminuta de la radiación 5 emitida se escapará del material laminado óptico ya que este espejo 7 selectivo en longitud de onda refleja eficazmente la radiación emitida que vuelve a entrar en la capa 1 luminiscente. La capa 9 de espejo refleja la radiación 4 óptica y la radiación 5 emitida de vuelta a la guía 2 de ondas. También se dotan tres lados del material laminado óptico, incluyendo la salida 11, de un recubrimiento 9 de espejo reflectante que refleja tanto la radiación 4 óptica como la radiación 5 emitida de vuelta a la guía 2 de ondas. Por tanto, eficazmente la única salida para la radiación emitida desde el material laminado óptico es la salida 10 que está acoplada ópticamente a una celda 13 fotovoltaica.

La figura 4 representa una sección transversal de una fibra óptica que comprende una capa 1 luminiscente y un núcleo 2 de guía de ondas. El material laminado comprende además dos capas 7 y 8 colestéricas reflectantes selectivas en longitud de onda y selectivas en polarización. La radiación óptica, representada por las flechas 4, entra

5 en el material laminado a través de la capa 8 colestérica de quiralidad izquierda y la capa 7 colestérica de quiralidad derecha y alcanza la capa 1 luminiscente. Dentro de la capa 1 luminiscente se excitan moléculas 3 fotoluminiscentes alineadas con preinclinación mediante la radiación 4 incidente y emiten radiación óptica representada por las flechas 5. Una gran fracción de la radiación 5 emitida entra en la guía 2 de ondas en la que se refleja internamente hasta que alcanza la salida 10. Las capas 7 y 8 colestéricas garantizan que no más de una fracción diminuta de la radiación 5 emitida se escapará de la fibra óptica ya que juntos estos espejos 7 y 8 selectivos en longitud de onda reflejan eficazmente la radiación emitida que vuelve a entrar en la capa 1 luminiscente.

10 La figura 5a representa una sección transversal de una fibra óptica que comprende un núcleo 1 luminiscente y una guía 2 de ondas. El material laminado comprende además dos capas 7 y 8 colestéricas reflectantes selectivas en longitud de onda y selectivas en polarización. La radiación óptica, representada por las flechas 4, entra en el material laminado a través de la capa 8 colestérica de quiralidad izquierda y la capa 7 colestérica de quiralidad derecha y alcanza el núcleo 1 luminiscente. Dentro de la capa 1 luminiscente se excitan moléculas 3 fotoluminiscentes alineadas con preinclinación mediante la radiación 4 incidente y emiten radiación óptica representada por las flechas 5. Una gran fracción de la radiación 5 emitida entra en la guía 2 de ondas en la que se refleja internamente hasta que alcanza la salida 10. Las capas 7 y 8 colestéricas garantizan que no más de una fracción diminuta de la radiación 5 emitida se escapará de la fibra óptica ya que juntos estos espejos 7 y 8 selectivos en longitud de onda reflejan eficazmente la radiación emitida que incide en la pared exterior de la guía 2 de ondas.

20 La figura 5b representa una sección transversal de una fibra óptica que comprende un núcleo 1 luminiscente. El material laminado comprende además una capa colestérica reflectante selectiva en longitud de onda y selectiva en polarización, en esta realización dos capas 7 y 8. La(s) capa(s) 7 y 8 colestérica(s) garantiza(n) que no más de una fracción diminuta de la radiación 5 emitida se escapará de la fibra óptica ya que juntos estos espejos 7 y 8 selectivos en longitud de onda reflejan eficazmente la radiación emitida que incide en la pared exterior del núcleo 1. El material fotoluminiscente puede estar alineado (tal como se representa) o puede estar dispuesto isotrópicamente (véase también a continuación).

25 La figura 6 representa una sección transversal de un material laminado óptico que comprende una capa 1 luminiscente y una guía 2 de ondas. La capa 1 luminiscente contiene una pluralidad de moléculas 3 de colorante fotoluminiscentes dispuestas isotrópicamente. La radiación 4 óptica incidente entra en la capa 1 luminiscente, en la que excita las moléculas 3 de colorante fotoluminiscentes para emitir la radiación 5 óptica en todas las direcciones. Tal como se observa en la figura 1 una fracción significativa de la radiación emitida sale de la capa 1 luminiscente a través de la superficie 6 superior, reduciendo así la eficacia con la que el material laminado puede concentrar la radiación incidente.

30 La figura 7 representa una sección transversal de un material laminado óptico que es idéntico al representado en la figura 6, excepto porque la pluralidad de moléculas 3 de colorante fotoluminiscentes se han alineado a un ángulo de preinclinación α relativamente pequeño. Las moléculas 3 de colorante fotoluminiscentes emiten radiación 5 óptica ampliamente en una dirección perpendicular a la alineación de preinclinación. Tal como se muestra en la figura, se emite radiación a un ángulo relativamente grande en relación con la superficie 14 de contacto entre la capa 1 luminiscente y la guía 2 de ondas, permitiendo que una gran fracción de dicha radiación se acople en la guía de ondas.

35 La figura 8 representa una sección transversal de un material laminado óptico que es idéntico al representado en la figura 6, excepto porque la pluralidad de moléculas 3 de colorante fotoluminiscentes se han alineado con inclinación a un ángulo de preinclinación α relativamente grande. Las moléculas 3 de colorante fotoluminiscentes emiten radiación 5 óptica ampliamente en una dirección perpendicular a la alineación de inclinación. Por consiguiente, una fracción significativa de la radiación 5 emitida incidirá en la superficie de contacto entre la capa 1 luminiscente y la guía 2 de ondas a un ángulo que es muy superior al ángulo de reflexión, lo que significa que la mayor parte de esta radiación se reflejará en la superficie 14 de contacto de la capa 1 luminiscente y la guía 2 de ondas.

La figura 9 presenta los resultados del ejemplo 1.

La figura 10 representa esquemáticamente una configuración de medición tal como se usa en el presente documento.

La figura 11 presenta los resultados del ejemplo 2.

50 La figura 12 representa esquemáticamente una configuración de medición tal como se usa en el presente documento.

Las figuras 13a-13c representan esquemáticamente varias realizaciones generales según la invención, en las que la capa 1 luminiscente contiene una pluralidad de moléculas 3 de colorante fotoluminiscentes dispuestas isotrópicamente. La figura 13a representa esquemáticamente una realización general con una capa 1 luminiscente y un espejo selectivo en longitud de onda que comprende un espejo 7 (u 8) selectivo en longitud de onda, que comprende preferiblemente una capa colestérica, que refleja luz polarizada circularmente a la izquierda o a la

derecha. La figura 13b representa esquemáticamente una realización que comprende dos capas 7 y 8 de espejo selectivas, preferiblemente que comprende capas colestéricas que reflejan preferiblemente luz polarizada circularmente a la izquierda y a la derecha, respectivamente. La figura 13c representa esquemáticamente una realización con varios espejos 7 (u 8) selectivos en longitud de onda, siendo todas las capas reflectantes para luz polarizada circular o lineal. Preferiblemente, estas capas comprenden capas colestéricas todas de las cuales reflejan preferiblemente luz polarizada circularmente a la izquierda o a la derecha, es decir una realización con varias capas colestéricas cada una de las cuales refleja luz polarizada circularmente a la izquierda o a la derecha. Tal como resultará evidente para el experto en la técnica, son posibles combinaciones de estas realizaciones. No se representa, pero además de la capa 1 luminiscente, puede haber una guía 2 de ondas, y uno o más espejos 9, 9a, 9b, u otras capas, tal como se representa en las figuras 1-5a, 14a-e y 16a-16c. Por ejemplo, la capa 1 luminiscente en las figuras 1-ba, 14a-e y 16a-c, puede contener, en vez de la alineación representada, una pluralidad de moléculas 3 de colorante fotoluminiscentes dispuestas isotrópicamente. Esto significa que la capa 1 en las realizaciones tal como se representa por ejemplo en las figuras 1-5b, 14a-e, 15 y 16a-c, puede contener, en vez de moléculas 3 fotoluminiscentes alineadas, moléculas 3 fotoluminiscentes dispuestas isotrópicamente. En caso de que no haya una guía 2 de ondas separada presente, las moléculas fotoluminiscentes están preferiblemente dispuestas isotrópicamente; en caso de que esté presente una guía 2 de ondas pueden estar presentes moléculas 3 fotoluminiscentes alineadas o isotrópicas.

Las figuras 14a-14e representan esquemáticamente realizaciones de dispositivos según la invención que comprenden un LSC y una celda 13 fotovoltaica. En vez del espejo 9, también pueden usarse una o más capas colestéricas (véase también la figura 5).

La figura 15 representa esquemáticamente una realización de un dispositivo según la invención que comprende varios (es decir en este caso 2 o más) LSC y una celda 13 fotovoltaica. Puede lograrse un acoplamiento óptico mediante guías 26 de ondas (por ejemplo fibras ópticas). La radiación de guías 2 de ondas puede colimarse opcionalmente en guías 26 de ondas mediante colimadores 25.

Las figuras 16a (espejo 9 o una o más capas colestéricas no incluidas) y 16b muestran esquemáticamente variantes de las figuras 1 y 14b (pero también pueden aplicarse como variantes de otras realizaciones). La figura 16c muestra esquemáticamente otra variante de la figura 1 (pero también puede aplicarse como variante de otras realizaciones).

Las figuras esquemáticas en el presente documento no excluyen la presencia de otros elementos tales como por ejemplo capas de alineación para alinear una o más capas colestéricas o capas de alineación para producir la alineación de la(s) capa(s) polimérica(s) alineada(s), tal como resultará evidente para el experto en la técnica.

Además, haciendo referencia a las figuras 1-5a y 14a-14e, la invención también se refiere a realizaciones en las que la posición de la guía 2 de ondas y la capa 1 luminiscente se intercambian. Por ejemplo haciendo referencia a la figura 1, esto proporcionaría un apilamiento con la siguiente secuencia: capa 8 colestérica, capa 7 colestérica, guía 2 de ondas, capa 1 luminiscente, espejo 9 reflectante (véase la figura 16a). Haciendo referencia por ejemplo a la figura 14a, esto proporcionaría un apilamiento con la siguiente secuencia: capa 8 colestérica, capa 7 colestérica, guía 2 de ondas, capa 20 de alineación, capa 1 luminiscente, espejo 9 reflectante (véase la figura 16b). Asimismo, esto se aplica a otras realizaciones descritas y representadas esquemáticamente en el presente documento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

También se describe una celda solar luminiscente en el documento DE 2737847, que comprende celdas que contienen disoluciones fluorescentes alternadas con celdas que contienen gas (aire). Sin embargo, el LSC del documento DE 2737847 ni comprende una guía de ondas ni da a conocer un material fotoluminiscente orientado que está inmovilizado dentro del polímero alineado, en el que el polímero alineado tiene un ángulo de preinclinación de 10-90° con relación a la superficie del objeto luminiscente. Además, el documento D1 describe el uso de filtros de interferencia, pero no describe el uso de un material colestérico como espejo selectivo en longitud de onda. Por tanto, el LSC, o más precisamente, el objeto luminiscente del documento DE 2737847 no proporciona las ventajas descritas en el presente documento del LSC y el objeto luminiscente, respectivamente. También pueden conocerse capas luminiscentes y capas selectivas en longitud de onda por los documentos US2002/07035, EP0933655 y US2004/0105617, pero ninguno de esos documentos describe una capa luminiscente y un espejo selectivo en longitud de onda que comprende un material colestérico.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un objeto luminiscente que comprende:

- a. una capa o núcleo luminiscente que contiene un material fotoluminiscente; y
- b. un espejo selectivo en longitud de onda,

en el que la capa luminiscente o el núcleo luminiscente está acoplado ópticamente al espejo selectivo en longitud de onda, siendo dicho espejo selectivo en longitud de onda transparente en al menos el 50% a la luz absorbida por el

material fotoluminiscente y reflectante en al menos el 50% a la radiación que se emite por el material fotoluminiscente.

5 Un aspecto esencial del presente objeto es que la reflectividad del espejo selectivo en longitud de onda para la radiación emitida por el material fotoluminiscente supera sustancialmente la reflectividad del mismo espejo para la radiación óptica absorbida por dicho material fotoluminiscente. Preferiblemente la reflectividad para la radiación emitida supera la reflectividad para la radiación absorbida en al menos el 50%, más preferiblemente en al menos el 80% y lo más preferiblemente en al menos el 100%.

10 Con el fin de disfrutar de la ventaja completa del espejo selectivo en longitud de onda dicho espejo debe cubrir al menos el 80% de un lado de la capa luminiscente o al menos el 80% de la superficie exterior del núcleo luminiscente. Además, se prefiere emplear un espejo selectivo en longitud de onda relativamente delgado. Normalmente, el grosor del espejo selectivo en longitud de onda no supera 100 μ m, preferiblemente no supera 20 μ m. Habitualmente, el grosor del espejo mencionado anteriormente superará 5 μ m. Se observa que el espejo selectivo en longitud de onda de la presente invención puede comprender de manera adecuada dos o más capas que juntas funcionan como un espejo selectivo en longitud de onda, por ejemplo un apilamiento polimérico o una combinación de capas colestéricas.

20 La eficacia de la disposición mencionada anteriormente depende tanto de la transparencia del espejo selectivo en longitud de onda para la luz absorbida por el material fotoluminiscente como de la reflectividad del mismo espejo para la radiación emitida. Preferiblemente, se maximizan ambos parámetros, aunque en la práctica sea difícil optimizar ambos parámetros independientemente. Es viable proporcionar un espejo selectivo en longitud de onda que sea transparente en al menos el 60%, preferiblemente en el 70%, más preferiblemente transparente en al menos el 80% y lo más preferiblemente en al menos el 90% a la luz que se absorbe por los materiales fotoluminiscentes. Además, es posible proporcionar un espejo selectivo en longitud de onda que es reflectante en al menos el 60%, preferiblemente en el 70%, más preferiblemente en al menos el 90% a la radiación que se emite por el material fotoluminiscente.

25 La eficacia con la que el presente objeto concentra la radiación emitida por el material fotoluminiscente depende de manera crítica de la eficacia con la que el espejo selectivo en longitud de onda refleja dicha radiación. Normalmente, el espejo selectivo en longitud de onda muestra una reflectividad máxima de al menos el 50%, preferiblemente de al menos el 60%, más preferiblemente de al menos el 70% para radiación óptica con una longitud de onda dentro del intervalo de 500-2000 nm, preferiblemente dentro del intervalo de 600-2000 nm, y lo más preferiblemente dentro del intervalo de 630-1500 nm.

30 Asimismo, y en particular si el espejo selectivo en longitud de onda está colocado como una capa separada en cualquier sitio entre la capa/núcleo luminiscente y la superficie que se pretende que reciba radiación óptica incidente, es importante que dicho espejo se transmita con alta eficacia radiación muy energética que puede excitar el material fotoluminiscente. Por consiguiente, el espejo selectivo en longitud de onda presenta preferiblemente una transmitancia máxima de al menos el 60%, preferiblemente de al menos el 70% para radiación óptica con una longitud de onda dentro del intervalo de 350-600 nm, preferiblemente dentro del intervalo de 250-700 nm, e incluso más preferiblemente dentro del intervalo de 100-800 nm.

40 Puesto que la longitud de onda de la radiación emitida por el material fotoluminiscente superará inevitablemente la longitud de onda de la radiación absorbida por el mismo material, se prefiere que el máximo de reflectividad se produzca a una longitud de onda que supere el máximo de transmitancia, preferiblemente en al menos 30 nm, más preferiblemente en al menos 50 nm, incluso más preferiblemente en al menos 100 nm.

El espejo selectivo en longitud de onda empleado en el presente objeto puede comprender ventajosamente un espejo selectivo en longitud de onda polimérico y/o un espejo selectivo en polarización.

45 En una realización ventajosa, el espejo selectivo en longitud de onda comprende un espejo selectivo en polarización que es transparente en al menos el 50%, preferiblemente en al menos el 60%, más preferiblemente en al menos el 70% a la luz absorbida por el material fotoluminiscente y que es reflectante en al menos el 50%, preferiblemente en al menos el 70% a radiación polarizada circular o lineal con la polarización apropiada, concretamente a radiación polarizada circular o lineal que se emite por el material fotoluminiscente. Puede realizarse una disposición ventajosa de este tipo empleando un espejo selectivo en longitud de onda que comprende capas colestéricas y en una realización específica capas de apilamiento poliméricas.

50 El presente objeto luminiscente contiene un espejo selectivo en longitud de onda que comprende una capa colestérica de polímero nemático quiral. En una realización incluso más preferida el espejo polimérico selectivo en longitud de onda comprende una primera capa colestérica que refleja luz polarizada circularmente a la derecha y una segunda capa colestérica que refleja luz polarizada circularmente a la izquierda. En esta última realización la capa luminiscente se intercala de manera adecuada entre las capas colestéricas y una guía de ondas o, alternativamente, una guía de ondas se intercala entre las capas colestéricas y la capa luminiscente. Preferiblemente, la capa luminiscente se intercala entre las capas colestéricas adyacentes y la guía de ondas. Las

capas colestéricas pueden reflejar eficazmente una banda estrecha de radiación polarizada circularmente. Dependiendo de la orientación helicoidal de la capa colestérica, la capa reflejará radiación polarizada circularmente o bien a la derecha o bien a la izquierda. Empleando dos capas colestéricas con orientaciones helicoidales opuestas, se reflejará eficazmente luz polarizada circularmente tanto a la derecha como a la izquierda.

5 El presente objeto luminiscente contiene un espejo selectivo en longitud de onda que comprende una o más capas colestéricas de polímero nemático quiral. Preferiblemente, el espejo polimérico selectivo en longitud de onda comprende una o más capas seleccionadas del grupo que consiste en una capa colestérica que refleja luz polarizada circularmente a la derecha y una capa colestérica que refleja luz polarizada circularmente a la izquierda.
 10 En una realización, la capa de polímero alineado luminiscente puede intercalarse entre la(s) capa(s) colestérica(s) y la guía de ondas o la guía de ondas puede intercalarse entre la(s) capa(s) colestérica(s) y la capa de polímero alineado luminiscente. Preferiblemente, la capa de polímero alineado luminiscente se intercala entre las capas colestéricas adyacentes y la guía de ondas.

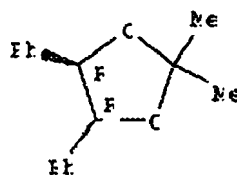
15 En variantes específicas, el espejo selectivo en longitud de onda polimérico comprende una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la derecha o una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la izquierda o comprende tanto una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la derecha como una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la izquierda. Un sistema de dos capas de quiralidad derecha e izquierda "simple" puede reflejar sólo por ejemplo un ancho de banda de 75 nm de luz. Es posible ensanchar la banda, pero en la técnica esto parece no ser sencillo.
 20 Según la invención, puede ser ventajosamente más sencillo ensanchar la banda de longitudes de onda reflejadas colocando sucesivamente capas colestéricas de quiralidad derecha una sobre la otra, seguido por capas de quiralidad izquierda una sobre la otra, o viceversa, o cualquier combinación de capas de quiralidad derecha e izquierda. También puede concebirse usar sólo una quiralidad de capas colestéricas para la muestra completa, es decir por ejemplo 2-5 capas de quiralidad izquierda o 2-5 capas de quiralidad derecha. La invención no se limita a un sistema de 2 capas.

25 Una sustancia quiral mezclada con un material nemático induce un giro helicoidal que transforma al material en un material nemático quiral, lo que es sinónimo de un material colestérico. El paso colestérico del material nemático quiral puede variarse a lo largo de un intervalo bastante grande con relativa facilidad. El paso inducido por la sustancia quiral es, en una primera aproximación, inversamente proporcional a la concentración del material quiral usado. La constante de proporcionalidad de esta relación se denomina potencia de giro helicoidal (HTP) de la sustancia quiral y se define mediante la ecuación:
 30

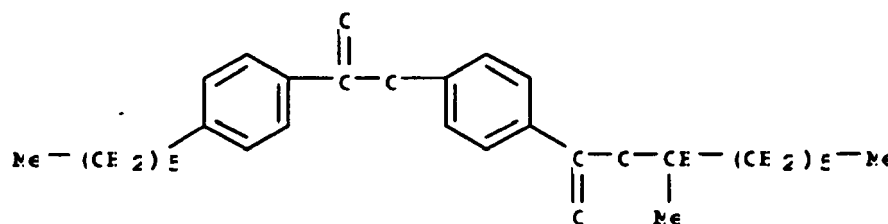
$$\text{HTP} = 1 / (c \cdot P)$$

donde c es la concentración de la sustancia quiral y P es el paso helicoidal inducido.

35 Los compuestos ópticamente activos que pueden inducir una estructura helicoidal se denominan generalmente "dopantes quirales". Se han sintetizado muchos dopantes quirales, y los ejemplos típicos de los mismos incluyen compuestos representados por la siguiente estructura: 2,2-dimetil-4,5-difenil-1,3-dioxolano



ZLI 811, éster 4-hexilílico, 4-[[[(1-metilheptil)oxi]carbonil]fenílico del ácido benzoico (9CI)



La capa colestérica o combinación de capas colestéricas refleja ventajosamente la radiación óptica emitida por la capa o núcleo luminiscente y es enormemente transparente a la radiación óptica con una longitud de onda en el intervalo de 100-600 nm, preferiblemente de 250-700 nm y lo más preferiblemente de 350-800 nm.

5 En otra realización, el presente objeto luminiscente comprende adicionalmente un espejo selectivo en longitud de onda en forma de capa de apilamiento polimérica que es fuertemente reflectante a la radiación que se emite por el material fotoluminiscente. Más particularmente, el espejo selectivo en polarización polimérico comprende una primera capa de apilamiento polimérica que refleja un plano de luz polarizada y una segunda capa de apilamiento polimérica que refleja el plano opuesto de luz polarizada, en el que una capa luminiscente se intercala entre las capas de apilamiento poliméricas y una guía de ondas o en el que una guía de ondas se intercala entre las capas de apilamiento poliméricas y la capa luminiscente.

10 En una realización específica, se proporciona un objeto luminiscente, en el que el espejo selectivo en longitud de onda comprende adicionalmente una primera capa de apilamiento polimérica que refleja una polarización de luz y una segunda capa de apilamiento polimérica que refleja la polarización de luz opuesta, ubicándose ambas capas de apilamiento poliméricas en el mismo lado de la capa luminiscente o ubicándose fuera del núcleo luminiscente.

15 Las capas de apilamiento poliméricas pueden reflejar selectivamente la radiación óptica dentro de un determinado intervalo de longitud de onda. Las capas de apilamiento poliméricas también se denominan reflectores multicapa y se usan para dividir partes del espectro electromagnético entre reflexión y transmisión. Las capas de apilamiento poliméricas emplean normalmente varias capas de al menos dos materiales diferentes dentro de un apilamiento óptico. Los materiales diferentes tienen índices de refracción a lo largo de al menos un eje en el plano del apilamiento que son suficientemente diferentes para reflejar sustancialmente la luz en la superficie de contacto de las capas. Las capas de apilamiento poliméricas pueden construirse para reflejar la radiación óptica incidente a ángulos de incidencia normales y/u oblicuos.

20 Preferiblemente, las capas de apilamiento poliméricas empleadas en el presente objeto luminiscente se han diseñado para reflejar la radiación óptica por encima de 600 nm, más preferiblemente por encima de 700 nm y lo más preferiblemente por encima de 800 nm. En una realización preferida, la capa luminiscente se intercala entre la capa de apilamiento polimérica y una guía de ondas.

25 Las capas de apilamiento poliméricas que se emplean como espejos selectivos en longitud de onda según la presente invención pueden prepararse de manera adecuada usando la metodología descrita en el documento US 6.157.490 y Weber, M. F. *et al.* Science 287, 2451, que se incorporan como referencia al presente documento.

30 El material fotoluminiscente empleado según la invención emite normalmente radiación óptica con una longitud de onda en el intervalo de 100 nm a 2500 nm. Preferiblemente, el material fotoluminiscente emite radiación en el intervalo de 250-1500 nm, más preferiblemente en el intervalo de 400-1000 nm. Para muchas aplicaciones un material fotoluminiscente óptimo tiene un amplio intervalo de absorción que cubre la mayor parte del espectro solar así como un estrecho intervalo de emisión que tiene una longitud de onda algo más larga. Por tanto, el material fotoluminiscente absorbe radiación solar entrante y la emite a otra longitud de onda. El material fotoluminiscente empleado en el presente objeto tiene normalmente una curva de absorción con un máximo de absorción por debajo de 800 nm, preferiblemente por debajo de 700 nm, y lo más preferiblemente por debajo de 600 nm. Según una realización particularmente preferida, el objeto absorbe luz entre 500 y 600 nm y emite luz a una longitud de onda más larga.

35 Los inventores han descubierto que la eficacia del presente objeto luminiscente como elemento de un sistema de LSC puede aumentarse drásticamente empleando en el mismo una capa luminiscente o núcleo luminiscente que comprende un polímero alineado que contiene un material fotoluminiscente orientado. La alineación del polímero se usa para inducir la orientación del material fotoluminiscente.

40 La radiación emitida por material fotoluminiscente isotrópico, no alineado, se desplaza en todas las direcciones, con una ligera preferencia por una dirección de emisión perpendicular al sistema de LSC para la iluminación perpendicular al plano del sistema de LSC. En otras palabras, una gran fracción de la luz se emite fuera del modo de guía de ondas y no se transporta dentro de la guía de ondas. La alineación apropiada del material fotoluminiscente dentro del polímero garantiza que una gran fracción de la luz emitida por el material fotoluminiscente orientado se radia en el modo de guía de ondas del sistema de LSC.

45 Por tanto, en caso de alineación a un ángulo de preinclinación significativo, se emitirá radiación a un ángulo que permite acoplarla muy eficazmente en una guía de ondas. Alternativamente, en el caso de alineación a un ángulo de preinclinación grande, una fracción relativamente grande de la radiación emitida llegará a la superficie de contacto con el aire del objeto luminiscente con un ángulo mayor que el ángulo crítico de reflexión total y permanecerá dentro del objeto. Por consiguiente, el uso de material fotoluminiscente alineado hace posible contener una fracción mucho mayor de la luz emitida dentro de un sistema de LSC que lo que era viable hasta ahora. Como resultado, la presente invención hace posible aumentar la eficacia de funcionamiento de sistemas de LSC en más del 25%.

Por consiguiente, una realización preferida de la invención se refiere a un objeto luminiscente en el que la capa luminiscente o el núcleo luminiscente comprende un polímero alineado que contiene un material fotoluminiscente orientado, teniendo dicho polímero alineado un ángulo de preinclinación de 10-90°. En caso de que la luz emitida se radie por el material fotoluminiscente a un ángulo relativamente pequeño con relación a la superficie del objeto (lo que requiere el uso de un ángulo de preinclinación relativamente alto), la luz emitida puede transportarse eficazmente dentro del plano paralelo a dicha superficie, por ejemplo, a una salida o un dispositivo fotovoltaico. Por tanto, la presente película puede aplicarse como tal, sin una guía de ondas separada, por ejemplo en LSC. En este caso particular resulta muy ventajoso usar materiales fotoluminiscentes con un gran desplazamiento de Stokes y/o con poco solapamiento entre los espectros de absorción y de emisión para evitar grandes pérdidas de luz por fenómenos de reabsorción.

En una realización, se proporciona un objeto luminiscente que comprende una capa luminiscente y una guía de ondas, siendo el objeto un material laminado óptico o una fibra óptica, estando el objeto luminiscente acoplado ópticamente a la guía de ondas, comprendiendo el objeto luminiscente un polímero alineado que contiene un material fotoluminiscente orientado, estando dicho material fotoluminiscente orientado inmovilizado dentro del polímero alineado, y teniendo dicho polímero alineado un ángulo de preinclinación de 10-90° con relación a la superficie del objeto.

Ventajosamente, el objeto luminiscente según la invención también puede acoplarse ópticamente a una guía de ondas (transparente) (sin colorantes fluorescentes) ya que la eficacia para transferir (o acoplar) luz emitida en la guía de ondas se potencia enormemente por la presente invención, especialmente si el material fotoluminiscente está orientado a un ángulo de preinclinación dentro del intervalo de 30-70°. El acoplamiento óptico del presente objeto luminiscente puede lograrse de manera adecuada produciendo una estructura multicapa (por ejemplo un material laminado óptico o una fibra óptica multicapa) en la que el objeto luminiscente se une como una capa separada sobre la guía de ondas.

Normalmente, el material fotoluminiscente se alinea dentro de la capa/núcleo luminiscente esencialmente en la misma en dirección que los grupos mesogénicos del polímero alineado. Los materiales fotoluminiscentes dicroicos son particularmente adecuados para su uso según la presente invención ya que pueden orientarse de manera relativamente fácil dentro de una matriz de polímero alineado, por ejemplo polímero liquidocristalino.

El mesógeno puede ser un mesógeno reactivo o un mesógeno no reactivo. Son ejemplos de mesógenos no reactivos adecuados los disponibles de Merck™, por ejemplo según se describe en su carpeta de productos de productos Licristal® Liquid Crystal Mixtures for Electro-Optic Displays (mezclas de cristal líquido para pantallas de visualización electroópticas) (mayo de 2002) cuyo contenido referente a mesógenos no reactivos se incorpora como referencia al presente documento.

Son ejemplos de mesógenos reactivos adecuados los que comprenden grupos acrilato, metacrilato, epoxi, vinil-éter, estireno, tiol-eno y oxetano. Se describen ejemplos adecuados, por ejemplo, en el documento WO04/025337 cuyo contenido referente a mesógenos reactivos, a los que se hace referencia en el documento WO04/025337 como compuestos mesogénicos polimerizables y materiales de cristal líquido polimerizables, se incorpora como referencia al presente documento. También pueden usarse mezclas de mesógenos reactivos (Merck™ Reactive Mesogens, Brighter clearer communication (mesógenos reactivos, una comunicación más brillante y más clara)).

También pueden usarse mezclas de mesógenos reactivos y no reactivos. En el caso de una mezcla, todos los mesógenos usados están preferiblemente en un estado alineado en la capa final.

En el caso de polímeros liquidocristalinos, resulta ventajoso incorporar y/o disolver el material fluorescente en un monómero reactivo liquidocristalino. Estos monómeros se alinean fácilmente en presencia de un campo (de flujo, magnético, eléctrico, de polarización, de estiraje mecánico) o en presencia de capas de alineación (poliimidas pulidas o no pulidas, materiales fotopolimerizables lineales, etc.). La preinclinación que se genera pueden controlarla fácilmente los expertos en el estado de la técnica (véase por ejemplo Sinha *et al* (2001) Appl. Phys. Lett. 79, 2543). Tras la alineación apropiada del monómero reactivo (mezcla), se realiza una polimerización térmica o inducida por radiación del monómero liquidocristalino. En casos específicos, resulta ventajoso añadir iniciadores de la polimerización apropiados. Por ejemplo, en el caso de una polimerización con luz ultravioleta, se usa un iniciador UV (véase por ejemplo Irgacure 184, Ciba Specialty Chemicals) y en el caso de una polimerización térmica se usa un iniciador término apropiado (véase por ejemplo 2,2'-azobisisobutironitrilo (AIBN), Aldrich Chemicals).

Es posible distinguir varias clases de orientaciones de preinclinación. Según un ejemplo típico de una orientación de preinclinación, el director de las moléculas de cristal líquido en una capa de cristal líquido es casi idéntico en cualquier posición en la dirección de grosor de película. También es factible proporcionar una orientación en la que en las proximidades de una de las superficies de la capa, el director es generalmente paralelo a dicha superficie, y a medida que se aproxima a la superficie opuesta de la capa, el director cambia gradualmente, presentando una orientación homeotrópica o un estado orientado próximo a la misma (configuración en bisel). Tanto una orientación de inclinación en la que el ángulo entre el director y una proyección del director en un plano de la capa es constante en cualquier punto en la dirección de grosor de capa, como una orientación en la que dicho ángulo cambia de

manera continua en la dirección de grosor de capa, están incluidas en el alcance de la orientación de preinclinación tal como se hace referencia en el presente documento.

5 En una realización preferida, el presente objeto luminiscente comprende al menos una capa del polímero alineado que contiene material fotoluminiscente orientado, en el que la superficie superior de dicha capa coincide con o se extiende en paralelo a la superficie superior del objeto luminiscente. Puede emplearse un objeto luminiscente de este tipo para concentrar la radiación óptica incidente de manera sumamente eficaz.

10 El presente objeto luminiscente puede comprender una o más capas que comprenden polímero alineado y material fotoluminiscente orientado. El uso de varias capas de este tipo ofrece la ventaja de que cada una de las capas puede optimizarse para absorber un ancho de banda particular de radiación óptica de modo que la película global puede absorber y concentrar un amplio espectro de radiación óptica. El uso de varias capas también permite que se usen diferentes polímeros en cada capa según esté dictado por las preferencias de colorantes fotoluminiscentes individuales o la necesidad de lograr alineaciones de inclinación específicas.

15 El material fotoluminiscente empleado en el objeto luminiscente puede haberse mezclado de manera adecuada en el polímero alineado mediante dopado del polímero alineado con el material fotoluminiscente orientado. Alternativamente, el material fotoluminiscente orientado puede unirse covalentemente al polímero alineado. Según aún otra realización adecuada de la invención, el material fotoluminiscente orientado es un grupo mesogénico del polímero alineado.

20 El material fotoluminiscente orientado en el presente objeto puede consistir en un único componente fotoluminiscente o puede comprender una mezcla de componentes fotoluminiscentes. Puede resultar ventajoso emplear una combinación de componentes fotoluminiscentes que absorben cada uno radiación óptica de diferentes longitudes de onda. Por tanto, seleccionando una combinación adecuada de componentes fotoluminiscentes, puede garantizarse que el material fotoluminiscente contenido en el presente objeto absorbe una amplia banda de radiación óptica, por ejemplo una parte principal del espectro de radiación solar. En caso de que el presente objeto contenga una pluralidad de capas, puede resultar ventajoso aplicar diferentes materiales fotoluminiscentes en diferentes capas. Por tanto, el rendimiento del presente objeto en cuanto a eficacia de concentración de luz puede maximizarse. Naturalmente, si se usa una combinación de componentes fotoluminiscentes, debe tenerse cuidado para garantizar que no hay solapamiento o es pequeño entre las longitudes de onda a la que emite y absorbe radiación esta combinación de componentes fotoluminiscentes o, en el caso de que haya un fuerte solapamiento, la combinación debe actuar como una cascada, lo que significa que la radiación emitida por un componente fotoluminiscente y absorbida por otro componente hará que este último componente proporcione luminiscencia.

El material fotoluminiscente orientado empleado en el objeto luminiscente de la presente invención tiene preferiblemente una razón dicróica de al menos 2,0, más preferiblemente de al menos 3,0, lo más preferiblemente de al menos 5,0. En una orientación plana, el material fotoluminiscente dicróico absorberá en una dirección de polarización lineal de radiación óptica en un grado sustancialmente mayor que en las demás.

35 Los materiales fotoluminiscentes dicróicos son particularmente adecuados para su uso en el presente objeto luminiscente. Según una realización preferida, el material fotoluminiscente orientado comprende colorantes fotoluminiscentes orgánicos y/o poliméricos. Tal como se usa en el presente documento, la expresión "colorante fotoluminiscente" significa un colorante que es una molécula que se colorea por sí misma, y por tanto absorbe luz en el espectro visible y posiblemente en el espectro ultravioleta (longitudes de onda que oscilan entre 100 y 800 nanómetros), pero que, a diferencia de un colorante convencional, convierte la energía absorbida en luz fluorescente de una longitud de onda más larga emitida principalmente en la región visible del espectro. Los colorantes fotoluminiscentes deben tener una alta eficiencia cuántica, buena estabilidad y estar altamente purificados. Los colorantes están presentes habitualmente a una concentración de desde 10^{-1} hasta 10^{-5} Molar. Los ejemplos típicos de colorantes fotoluminiscentes orgánicos que pueden emplearse de manera adecuada según la presente invención incluyen, pero no se limitan a, piranos sustituidos (tales como DCM), cumarinas (tales como cumarina 30), rodaminas (tales como rodamina B), la serie Lumogen™ de BASF®, derivados de perileno, la serie Exciton® LDS, azul del Nilo, rojo del Nilo, DODCI, oxazinas, piridinas, la serie del "estirilo" (Lambdachrome®), dioxazinas, naftalimidias, tiazinas y estilbenos.

50 Es un aspecto esencial de la presente invención que el material fotoluminiscente orientado se inmovilice dentro de una matriz de polímero alineado. Un objeto basado en polímero liquidocristalino y que contiene un material fotoluminiscente puede alinearse de varias maneras. En el caso de polímeros liquidocristalinos, se prefiere a menudo que alinear un monómero liquidocristalino reactivo y posteriormente polimerizar el monómero tal como se trató previamente. Habitualmente se adopta este procedimiento porque los monómeros liquidocristalinos se orientan fácilmente (a diferencia de la mayoría de polímeros liquidocristalinos).

55 La superficie del objeto se dota habitualmente de una capa de orientación que induce la alineación apropiada del monómero/polímero liquidocristalino. Algunas posibles capas de orientación son:

a. Convencionalmente se usan capas de alineación de poliimida (pulidas, frotadas o no pulidas, no frotadas) para

generar polímeros liquidocristalinos alineados con alineación plana u homeotrópica y/o con una preinclinación específica. Ejemplos típicos son Optimer AI 1051, (de JSR Micro) para alineación plana y barniz de poliimida 1211 (de Nissan Chemical) para alineación homeotrópica;

- 5 b. Pueden usarse los denominados materiales fotopolimerizables lineales (LPP) como capa de alineación con una preinclinación bien definida (véase por ejemplo Staralign™, Vantico AG, Basilea, CH)

Otras técnicas para la alineación de cristales líquidos incluyen:

- 10 a. Grabación con una aguja afilada o roma, evaporación oblicua o pulverización de SiO₂, deposición en ángulo oblicuo de componentes inorgánicos, capas de polimetacrilato dopado con ftalocianinas de cobre depositado de Langmuir-Blodgett y capas de película delgada de carbono de tipo rombo (véanse por ejemplo las referencias: Varghese *et al* (2004) Appl. Phys. Lett. 85, 230; Motohiro, T. y Taga, Y. (1990) Thin Solid Films 185, 137; Castellano, J. A. (1984) 4, 763; Robbie, K. *et al* (1999) Nature 399, 764, Lu, R. *et al* (1997) Phys. Lett. A 231, 449, Hwang, J-Y *et al* (2002) Jpn. J. Appl. Phys. 41, L654).
- b. Pueden usarse tensioactivos inductores de alineación, por ejemplo silanos, alcoholes superiores (por ejemplo n-dodecanol), y similares para ajustar adicionalmente la alineación de los cristales líquidos.
- 15 c. Mediante la adición de un dopante inductor de alineación al polímero liquidocristalino.
- d. Mediante la aplicación de un campo de estiraje mecánico, de flujo, magnético, de polarización eléctrica al objeto.
- e. Mediante la alineación de polímeros con orientación esméctica A haciendo pasar el objeto sobre rodillos calentados. La deformación por cizallamiento resultante hace que se orienten los grupos mesogénicos.
- 20 f. Mediante la alineación de cristales líquidos usando mesógenos reactivos que logran una orientación esméctica C mediante un tratamiento térmico (apropiado) seguido por el inicio de la reacción de polimerización de los mesógenos para atrapar el sistema en la orientación esméctica C.

25 Se describen técnicas que son particularmente adecuadas para preparar un objeto luminiscente que comprende un polímero alineado que tiene una preinclinación de 30-80° en Hwang, Z. y Rosenblatt, C. Appl. Phys. Lett. 86, 011908, Lu, M. Jpn. J. Appl. Phys. 43, 8156, Lee, F. K. *et al* Appl. Phys. Lett. 85, 5556. El sistema de polímero fotopolimerizable linealmente Staralign™ (Vantico AG), Varghese, S. *et al* Appl. Phys. Lett. 85, 230, y Sinha, G. P. *et al* Appl. Phys. Lett. 79, 2543. Estas publicaciones se incorporan como referencia al presente documento.

30 Los beneficios de la presente invención son particularmente pronunciados en objetos poliméricos luminiscentes, particularmente objetos planos, en los que el polímero alineado se alinea a un ángulo de preinclinación menor que 85°, preferiblemente menor que 80°. Preferiblemente, el ángulo de preinclinación es de 10-89°, más preferiblemente de 10-85°, incluso más preferiblemente de 15-85°; más preferiblemente de 30-80°; preferiblemente en el intervalo de 30-70°, más preferiblemente en el intervalo 35-65° y lo más preferiblemente en el intervalo de 40-60°.

35 En particular, cuando se usa en objetos planos luminiscentes en combinación con una guía de ondas, resulta ventajoso emplear polímero alineado a un ángulo de preinclinación dentro del intervalo de 10-89°, más preferiblemente de 10-85°, incluso más preferiblemente de 15-85°, más preferiblemente en el intervalo de 30-80°; preferiblemente en el intervalo de 30-70°, más preferiblemente en el intervalo 35-65° y lo más preferiblemente en el intervalo de 40-60°. La aplicación de tal ángulo de preinclinación permite un acoplamiento sumamente eficaz de la radiación emitida a la guía de ondas. Tal como se explicó anteriormente en el presente documento, los beneficios de la presente invención resultan de la alineación del material fotoluminiscente. La alineación del material fotoluminiscente se logra inmovilizando el material fotoluminiscente dentro de una matriz de polímero alineado. La orientación prevalente del material fotoluminiscente dentro de una matriz de polímero alineado de este tipo coincide con la alineación de dicha matriz de polímero. Se entenderá, por tanto, que los ángulos de orientación preferidos para el material fotoluminiscente son los mismos que los mencionados anteriormente con relación al polímero alineado.

45 En caso de que el presente objeto luminiscente no sea un objeto plano, en particular si dicho objeto es una fibra óptica, en una realización un ángulo de preinclinación mayor que 50°, especialmente mayor que 70° puede resultar ventajoso. Lo más preferiblemente, en el caso en que el presente objeto es una fibra óptica, el ángulo de preinclinación supera los 80°. Sin embargo, en aún otra realización más preferida, el ángulo de preinclinación está en el intervalo de 30-70°, más preferiblemente en el intervalo de 35-65° y lo más preferiblemente en el intervalo de 40-60°.

50 El nivel de alineación del material fotoluminiscente dentro de un objeto plano puede definirse de manera adecuada en cuanto al parámetro de orden. El parámetro de orden se define como:

$$S = (A_{//} - A_{\perp}) / (A_{//} + 2 A_{\perp})$$

5 donde $A_{//}$ indica la cantidad de absorción por la muestra de luz con vector eléctrico paralelo a la dirección de alineación, A_{\perp} la absorción por la muestra de luz con vector eléctrico perpendicular a la dirección de alineación, y S la orientación promedio del momento de absorción en el sistema de laboratorio fijado. Referencia: Van Gorp, M. y Levine, Y. K., J. Chem. Phys. 90, 4095 (1989).

El material fotoluminiscente contenido en el presente objeto, presenta preferiblemente un parámetro de orden de al menos 0,5, más preferiblemente de al menos 0,6, lo más preferiblemente de al menos 0,7.

10 La eficacia con que puede emplearse el presente objeto luminiscente por ejemplo en sistemas de LSC depende de manera crítica del nivel de (re)absorción de luz emitida dentro del mismo objeto. Según una realización particularmente preferida, los máximos de absorción y los máximos de emisión del material fotoluminiscente contenido dentro de una matriz discreta de polímero alineado, por ejemplo una capa, difieren en al menos 30 nm, preferiblemente en al menos 50 nm, más preferiblemente en al menos 100 nm.

15 El objeto luminiscente según la invención adopta ventajosamente la forma de una película, una capa, una fibra, una cinta o tejido. El grosor de tal película, capa, fibra, cinta o tejido puede variar dependiendo de la aplicación pretendida. Normalmente, dicho grosor estará en el intervalo de 0,1-500 μm , preferiblemente en el intervalo de 5-50 μm .

20 El objeto luminiscente comprende ventajosamente dos o más capas apiladas de polímero alineado que contiene material fotoluminiscente orientado. Según una realización particular, cada capa de polímero alineado contiene un material fotoluminiscente diferente. Ventajosamente, estos materiales fotoluminiscentes presentan diferentes máximos de absorción. Según otra realización, el ángulo de preinclinación del polímero alineado en las respectivas capas de polímero alineado cambia de capa en capa. Esta disposición permite la optimización adicional de la eficacia con la que se pueden convertirse las radiaciones incidentes en radiación fotoluminiscente y posteriormente transportarse, especialmente a través de una guía de ondas separada. Aún en otra realización, cada capa de polímero alineado contiene un polímero alineado diferente. El uso de capas apiladas de diferentes polímeros alineados resulta particularmente ventajoso en combinación con la aplicación de diferentes materiales fotoluminiscentes en cada una de las capas de polímero alineado y/o en combinación con el uso de capas de polímero alineado que presentan diferentes ángulos de preinclinación.

30 El objeto luminiscente de la presente invención puede aplicarse ventajosamente por ejemplo sobre ventanas, especialmente si estas ventanas se han acoplado a un dispositivo fotovoltaico o si están acopladas ópticamente a una fuente de iluminación interna. Mediante la fijación del presente objeto luminiscente sobre una ventana de este tipo (o un elemento de construcción con una función similar), la ventana se convierte eficazmente en una guía de ondas que concentra la radiación electromagnética que se emite por la capa luminiscente. Tal como se explicará a continuación, en estas aplicaciones es sumamente deseable que el objeto luminiscente sea transparente a al menos una fracción (por ejemplo a lo largo de un ancho de banda de al menos 100 nm) del espectro de luz visible, especialmente la parte del espectro de luz visible que es necesaria para la fotosíntesis.

40 Una realización particularmente ventajosa de la invención se refiere a un objeto luminiscente en forma de un material laminado óptico o una fibra óptica, que comprende una guía de ondas que está acoplada ópticamente a la capa luminiscente o el núcleo luminiscente, en el que el índice de refracción de la guía de ondas, n_w , es tal que $n_w \geq n_o - 0,005$, donde n_o es el índice de refracción ordinario de la capa luminiscente de núcleo. Según una realización incluso más preferida, $n_w \geq n_o$, preferiblemente $n_w > n_o$. Esto fomenta ventajosamente la contención de la luz en la guía de ondas y disminuye el escape de luz por ejemplo de vuelta a la capa luminiscente.

45 Los materiales laminados ópticos según la presente invención pueden emplearse de manera adecuada para concentrar la radiación óptica incidente. Se absorbe la radiación incidente sobre el material laminado y vuelve a emitirse por la capa luminiscente. Esta radiación emitida de nuevo se acopla en la guía de ondas y se guía mediante reflexión interna a lo largo de la guía de ondas hasta una superficie de salida. La radiación emitida de nuevo puede salir por la superficie de salida, permitiendo que la superficie de salida funcione como una fuente luminosa. Alternativamente, en la superficie de salida, la radiación emitida de nuevo puede acoplarse en un dispositivo, tal como un dispositivo fotovoltaico, que convertirá la radiación óptica en otra forma de energía.

50 Las fibras ópticas según la invención pueden excitarse lateralmente mediante radiación óptica, tras lo cual la radiación emitida se transportará hasta los extremos de la fibra. Las fibras de la presente invención pueden emplearse ventajosamente para concentrar radiación óptica y/o para transmitir información óptica.

Dado que las fibras y materiales laminados ópticos según la invención volverán a emitir radiación en respuesta a la radiación incidente, estos materiales laminados y fibras pueden usarse de manera adecuada para transportar

información óptica, especialmente información óptica binaria. Sin embargo, puesto que el nivel de radiación emitida se correlaciona con la intensidad de la radiación incidente, las presentes fibras y materiales laminados ópticos también pueden usarse para transportar información analógica.

5 Según aún otra realización preferida, el índice de refracción de la guía de ondas está entre los índices de refracción ordinarios y extraordinarios de la capa/núcleo luminiscente. El índice de refracción de la guía de ondas normalmente es de al menos 1,4. Preferiblemente, el índice de refracción de la guía de ondas está dentro del intervalo de 1,4-1,8, más preferiblemente dentro del intervalo de 1,4-1,7. La aplicación de una guía de ondas con un alto índice de refracción, especialmente con relación al índice de refracción de la película luminiscente, garantiza que el camino óptico de la radiación emitida dentro de la película luminiscente se reduce a medida que se acopla eficazmente la radiación emitida en la guía de ondas. Para garantizar que la luz emitida se acopla eficazmente en la guía de ondas, resulta ventajoso además que la superficie de la capa luminiscente (o núcleo) y la superficie de la guía de ondas se unan de forma adyacente. La capa de polímero alineado y la guía de ondas pueden unirse de manera adecuada por medio de un adhesivo, siempre que el adhesivo sea enormemente transparente a la radiación emitida.

15 La capa luminiscente dentro de la fibra o material laminado óptico tiene normalmente un grosor de 0,1-500 μm , preferiblemente de 5-50 μm . La guía de ondas tiene normalmente un grosor de 0,05-50 mm, preferiblemente de 0,1-10 mm. En caso de que la guía de ondas constituya el núcleo de una fibra óptica de la presente invención, pueden aplicarse los intervalos mencionados anteriormente al diámetro de la guía de ondas.

20 Las fibras y materiales laminados ópticos de la presente invención pueden producirse de manera adecuada a partir de materiales flexibles, elásticos. Las fibras y materiales laminados flexibles así obtenidos pueden producirse, por ejemplo, como rollos o pueden aplicarse sobre superficies curvas. La presente invención también engloba fibras y materiales laminados que son relativamente rígidos, por ejemplo porque hacen uso de una capa o núcleo de vidrio.

25 Las presentes fibras y materiales laminados ópticos pueden fabricarse de muchas maneras diferentes bien conocidas en la técnica. Los materiales laminados pueden producirse proporcionando en primer lugar una capa (película), por ejemplo la guía de ondas, seguido por la creación *in situ* de las otras capas, por ejemplo mediante polimerización o endurecimiento *in situ*. Alternativamente, pueden fabricarse previamente las capas individuales y combinarse posteriormente en un único material laminado, opcionalmente usando adhesivos y/u otras técnicas de unión. Naturalmente, también es posible emplear combinaciones de estas técnicas. Pueden usarse enfoques similares en la fabricación de las fibras ópticas de la presente invención, excepto porque en el caso de fibras el proceso de estratificación comenzará proporcionando el núcleo de la fibra óptica.

30 Materiales adecuados para la guía de ondas transparente son enormemente transparentes para la radiación emitida que va a transportarse a través de la guía de ondas. Los materiales adecuados incluyen polímeros transparentes, vidrio, cerámicas transparentes y combinaciones de los mismos. Preferiblemente, la guía de ondas está compuesta por un polímero transparente que puede ser termoendurecible o termoplástico. Estos polímeros pueden ser (semi)cristalinos o amorfos. Los polímeros adecuados incluyen poli(metacrilatos de metilo), poliestireno, policarbonato, copolímeros de olefinas cíclicas, poli(tereftalato de etileno), poliétersulfona, acrilatos reticulados, resinas epoxídicas, uretano, cauchos de silicona así como combinaciones y copolímeros de estos polímeros.

35 El material laminado óptico de la presente invención puede adoptar de manera adecuada la forma de una placa plana, lisa. Sin embargo, puesto que la funcionalidad del material laminado óptico no depende esencialmente de la forma del material laminado, también están englobadas formas no planas en la presente invención.

40 Para impedir que la radiación escape del presente objeto luminiscente, puede resultar ventajoso emplear un espejo que es reflectante para un amplio intervalo de radiación óptica, estando ubicado dicho espejo en la superficie inferior del objeto, lo que significa que la radiación incidente que pasa a través de la capa luminiscente así como la radiación óptica emitida por la misma capa en la dirección del espejo se reflejará por dicho espejo. Más particularmente, esta realización proporciona un objeto luminiscente tal como se definió anteriormente en el presente documento, en el que la superficie inferior se cubre con un espejo que es reflectante en al menos el 80% para longitudes de onda de 450-1200 nm, preferiblemente reflectante en al menos el 90% para longitudes de onda de 450-1200 nm.

45 Pueden minimizarse adicionalmente las pérdidas de radiación desde el presente objeto luminiscente aplicando espejos a los lados del objeto que se supone que no tienen que transmitir radiación por ejemplo a un dispositivo fotovoltaico. Por consiguiente, en una realización preferida al menos uno de los lados del objeto se cubre con un espejo que es reflectante en al menos el 80% para longitudes de onda de 450-1200 nm, preferiblemente reflectante en al menos el 90% para longitudes de onda 450 - 1200 nm. Más preferiblemente al menos dos lados y lo más preferiblemente al menos tres lados del objeto se cubren con un espejo de este tipo.

50 Para determinadas aplicaciones puede resultar ventajoso si el presente objeto luminiscente es enormemente transparente para la radiación óptica dentro de un intervalo de longitud de onda particular. Según una realización particularmente preferida, el objeto luminiscente es predominantemente transparente para la radiación óptica en el intervalo de 400-500 nm y/o 600-700 nm. Por tanto, el objeto luminiscente puede aplicarse de manera adecuada

- sobre o usarse en vez de por ejemplo ventanas u hojas de vidrio de invernaderos ya que la luz visible que se usa en la fotosíntesis pasará a través del objeto luminiscente mientras que la radiación óptica de otras longitudes de onda puede concentrarse y transportarse de manera eficaz por el mismo objeto. Según una realización muy preferida, el objeto luminiscente es predominantemente transparente para radiación óptica tanto en el intervalo de 400-500 nm como de 600-700 nm. Por tanto, la presente invención también engloba un invernadero que comprende una o más hojas de vidrio cubiertas con un objeto luminiscente tal como se definió anteriormente en el presente documento que es transparente para radiación óptica en el intervalo de 400-500 y/o 600-700 en combinación con una o más celdas fotovoltaicas que pueden convertir radiación óptica en energía eléctrica, estando acopladas ópticamente dichas una o más celdas fotovoltaicas al objeto luminiscente.
- Una realización adicional de la invención se refiere a un dispositivo fotovoltaico que comprende un medio de recogida de radiación electromagnética que contiene un objeto luminiscente tal como se definió anteriormente en el presente documento y una celda fotovoltaica que puede convertir radiación óptica en energía eléctrica que está acoplada ópticamente a una guía de ondas comprendida por el objeto luminiscente, estando dispuesta preferiblemente dicha celda fotovoltaica en el borde de la guía de ondas, o cerca del borde de la guía de ondas en la superficie superior o inferior de la capa de guía de ondas.
- Otra realización de la invención se refiere a una pantalla de visualización activada por luz fluorescente que comprende un objeto luminiscente tal como se definió anteriormente.
- Aún otra realización de la presente invención se refiere a un sistema de iluminación de salas que comprende un objeto luminiscente tal como se definió anteriormente, en el que el sistema está dispuesto de tal manera que se convierte la luz solar incidente en iluminación de sala por dicho objeto luminiscente.
- Otro aspecto de la invención se refiere al uso de un objeto luminiscente tal como se definió anteriormente en el presente documento para concentrar la radiación óptica incidente. Este uso del objeto luminiscente engloba por ejemplo el uso de películas luminiscentes autoportantes que comprenden una capa luminiscente y un espejo selectivo en longitud de onda tal como se definió anteriormente en el presente documento. Además, dicho uso comprende el uso de materiales laminados ópticos o fibras ópticas que comprenden una capa o núcleo luminiscente, un espejo selectivo en longitud de onda y una guía de ondas.
- En una realización, se proporciona un sistema de LSC sin una superficie trasera opaca (es decir por ejemplo sin un espejo trasero, tal como se describe en el presente documento) para la implementación en un invernadero. Preferiblemente, en una variante adicional, se recogen las regiones de longitud de onda de los espectros no usados (para el crecimiento) por las plantas y se convierten en electricidad mediante el dispositivo fotovoltaico. Aún en otra variante, se recoge la luz de longitud de onda más larga (es decir, la luz convertida), y mediante un tubo luminoso usado para volver a iluminar las plantas a una longitud de onda que usan las plantas para su crecimiento. Por ejemplo, el sistema de LSC puede aplicarse para recoger y convertir luz verde, que en general no se usa por las plantas, y convertir la luz en luz roja (o luz azul, en caso de que se usen materiales convertidores ascendentes). La luz roja generada puede usarse por las plantas en el invernadero.
- Aún en una realización adicional, puede tejerse LSC como fibras según la invención en o sobre prendas de vestir u otros materiales (ropas, sacos de dormir, tiendas de campaña, etc.), y haces de las fibras iluminando una celda fotovoltaica o solar para la generación de electricidad (véase también por ejemplo la figura 15). La invención también se refiere a productos tales como ropas, sacos de dormir, tiendas de campaña, etc. (por ejemplo con fibras de aproximadamente 0,005 mm -10 cm, preferiblemente de aproximadamente 0,5 mm- 1,0 cm). También puede usarse un objeto luminiscente en forma de un material laminado o lámina con una guía de ondas óptica según la invención para construir objetos tales como forros de tiendas de campaña, y puede usarse para la generación de electricidad por una celda solar. La invención también se refiere a tales objetos.
- Además, por ejemplo productos de consumo a pequeña escala, tales como fundas de portátiles, bolígrafos, relojes, fundas de calculadoras, joyería, sombreros, gorras, etc. pueden contener láminas o fibras del material diseñado para la generación de electricidad por una celda solar.
- También es posible usar la salida luminosa directamente para efectos visuales en vez de para la generación de electricidad (es decir la aplicación u objeto según se mencionó anteriormente sin una celda solar).
- Una aplicación adicional de la invención puede ser, por ejemplo, señales de tráfico o señalizadores de carretera, para generar electricidad, o para inducir o potenciar los efectos visuales de seguridad de estas señales, mobiliario de exterior que genera electricidad o efectos visuales luminosos, barreas de sonido al borde de carreteras transparentes, semitransparentes u opacas que generan electricidad o efectos visuales luminosos, etc.
- En una realización específica, se incluyen aplicaciones extraterrestres: pueden dotarse "velas solares" para la propulsión de naves espaciales del LSC según la invención, para la generación simultánea de de electricidad mediante celdas FV irradiadas por la radiación recogida por el LSC (y opcionalmente también radiación directa del Sol) así como la propulsión de la nave.

Algunas realizaciones específicas de una celda solar y el LSC según la invención se representan en las figuras 14a-14e. Estas figuras son similares a la figura 1 descrita anteriormente. Naturalmente, son posibles otras configuraciones, como por ejemplo las representadas en las figuras 2, 3, 4, 5a, 5b y 16a-16c. Estos dibujos esquemáticos sólo se muestran para ilustrar posibles construcciones:

- 5 a. Una celda 13 solar colocada lateralmente, de manera que la luz procedente de la guía 2 de ondas se concentra en la celda solar o celda 13 fotovoltaica.
- b. Una celda 13 solar colocada en la “parte inferior”, por ejemplo interceptando una capa 9 de espejo opcional, de manera que la luz procedente de la guía 2 de ondas se concentra en la celda solar o celda 13 fotovoltaica.
- 10 c. Una celda 13 solar colocada en la “parte superior”, por ejemplo interceptando capas 7 y 8 colestéricas opcionales, de manera que la luz procedente de la guía 2 de ondas se concentra en la celda solar o celda 13 fotovoltaica.
- d. Una celda 13 solar colocada en la “parte superior”, por ejemplo interceptando capas 7 y 8 colestéricas y capa 1 luminiscente opcionales, de manera que la luz procedente de la guía 2 de ondas se concentra en la celda solar o celda 13 fotovoltaica.
- 15 e. Una celda 13 solar colocada en la “parte inferior”, por ejemplo interceptando una capa 9 de espejo opcional y la guía 2 de ondas, de manera que la luz procedente de la guía 2 de ondas se concentra en la celda solar o celda 13 fotovoltaica.

Las figuras 14a-14e también muestran la capa 20 de alineación opcional, tal como se describió anteriormente (por ejemplo una capa de FI). Los expertos en la técnica conocen tales capas de alineación.

- 20 Otra realización se muestra esquemáticamente en la figura 15. En este caso, se usan varios (especialmente dos o más) concentradores solares que comprenden la capa 1 luminiscente y la guía 2 de ondas para proporcionar luz solar a la celda 13 solar. Por ejemplo, el LSC puede ser tal como se representa en las figuras 1-8. La luz procedente de la guía 2 de ondas puede transportarse a la celda 13 solar mediante guías 26 de ondas (fibras). Opcionalmente, la luz concentrada en la guía 2 de ondas puede colimarse mediante colimadores 25 en las guías 26 de ondas.

- 25 Tal como resultará evidente para el experto en la técnica, las realizaciones esquemáticas de las figuras 14a-14e también incluyen realizaciones en las que se incorporan varias celdas 13 solares en la combinación de la capa 1 luminiscente y la guía 2 de ondas. Por ejemplo, en caso de que la capa 1 luminiscente y la guía 2 de ondas (y otras capas opcionales, tal como se describió anteriormente) estén en forma de un material laminado plano o sustancialmente plano, al menos parte de uno o más de los bordes del material laminado de la guía 2 de ondas puede acoplarse ópticamente a varias celdas solares o celas 13 FV. Así, en una realización se proporciona una
- 30 ventana que comprende el objeto luminiscente según la invención y una celda fotovoltaica (o más de una, tal como resultará evidente para el experto en la técnica) que puede convertir radiación óptica en energía eléctrica que está acoplada ópticamente al objeto luminiscente.

Además, un LSC que comprende una capa 1 luminiscente y la guía 2 de ondas según la invención puede acoplarse a más de 1 fibra 26 y puede proporcionar por tanto luz a más de una celda 13 FV.

- 35 Aún en otra realización, el LSC que comprende la capa 1 luminiscente y la guía 2 de ondas que es esencialmente una lámina delgada de película de plástico, como una diapositiva, con o sin un soporte adhesivo. La película contendrá moléculas de colorante alineadas o no alineadas, y una capa reflectante de manera preferiblemente selectiva (por ejemplo esto pueden ser las capas 9a y/o 9b colestéricas). Esta película podrá montarse entonces por el usuario final en cualquier ventana. El dispositivo fotovoltaico estará colocado previamente dentro del marco de la
- 40 ventana. Por tanto, la ventana se convertirá en la guía 2 de ondas, que transporta la luz a la(s) celda(s) 13 solar(es) en el marco. La película puede ser desechable: es decir, puede despegarse de la ventana para permitir que la luz solar natural entre de nuevo en la sala, si se desea.

- 45 En una realización, las expresiones “ópticamente acoplado” o “acoplado ópticamente” también incluyen el acoplamiento óptico de objetos cuyas superficies no son adyacentes, sino entre los que puede estar presente una distancia. Por ejemplo, la celda 13 fotovoltaica es preferiblemente adyacente a la guía 2 de ondas, pero en una realización, puede haber cierto espacio entre ellas. Tal espacio, por ejemplo, puede llenarse de aire o comprender un vacío, o incluso polímero. Puede usarse polímero por ejemplo para conectar una celda FV a la guía de ondas, ya que en una realización puede aplicarse una lámina de plástico termoendurecible de alto índice para ayudar en la extracción de la luz procedente de la guía de ondas y la introducción de esta luz en el dispositivo FV. Por ejemplo,
- 50 poner un polímero de bajo índice de refracción entre el espejo metálico en la parte inferior y la capa de colorante o la guía de ondas parece aumentar la salida del sistema.

La invención también se refiere a realizaciones en las que el objeto luminiscente comprende junto a una capa polimérica alineada (con material fotoluminiscente alineado) comprende además una o más capas que comprenden material fotoluminiscente no orientado.

En una realización, el objeto luminiscente comprende además al menos una capa colestérica reflectante selectiva en longitud de onda y selectiva en polarización (mostrada como las capas 7 u 8). El objeto luminiscente también puede comprender (un apilamiento de) dos o más capas colestéricas reflectantes selectivas en longitud de onda y selectivas en polarización. Por ejemplo, el objeto luminiscente puede comprender una capa colestérica de quiralidad derecha y de quiralidad izquierda, pero también puede comprender dos capas colestéricas de quiralidad derecha, o un apilamiento de capas colestéricas de quiralidad derecha, derecha e izquierda o derecha, izquierda derecha como capas selectivas en longitud de onda. Se indica esquemáticamente una realización de este tipo en la figura 16c, con un espejo selectivo en longitud de onda que comprende en lugar de capas 7 y 8 colestéricas de quiralidad derecha y de quiralidad izquierda, respectivamente, comprende por ejemplo un apilamiento de tres capas 8 (siendo o bien todas de quiralidad izquierda o bien todas de quiralidad derecha (véase también la figura 3)). Tal como resultará evidente para el experto en la técnica, esta realización también puede aplicarse a otras realizaciones, tal como se muestra esquemáticamente por ejemplo en las otras figuras. Para proporcionar un ejemplo, la fibra de las figuras 7 y 8 también puede comprender en lugar de las capas 7 y 8, comprender una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la derecha o una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la izquierda o comprender tanto una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la derecha como una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la izquierda.

Tal como se mencionó anteriormente, puede intercambiarse la posición de la capa 1 luminiscente y la guía 2 de ondas (véanse también por ejemplo las figuras 7 y 8), lo que se muestra esquemáticamente en las figuras 16a y 16b, que son variantes de las figuras 1 y 14b, pero también puede aplicarse como variantes a otras realizaciones.

En el caso de que sólo se aplique una capa colestérica que refleja luz polarizada circularmente a la derecha o a la izquierda, o bien como capa 7 (u 8) superior tal como se muestra por ejemplo en la figura 13a (véanse también las realizaciones de las figuras 1-5b; 14ae; 16a-b), o bien como capa 9 inferior (véase la realización de la figura 2) o tanto como tales capas 7 (u 8) superior e inferior (9), la reflectividad a la radiación de emisión puede ser menor que al menos el 50%. Al menos el 25% puede bastar, o al menos el 50% de luz con la polarización específica (polarizada circularmente a la derecha o a la izquierda, respectivamente). Así, en una realización específica, se proporciona un objeto luminiscente que comprende:

- a. una capa o núcleo luminiscente que contiene un material fotoluminiscente; y
- b. un espejo selectivo en longitud de onda;

en el que la capa luminiscente o el núcleo luminiscente está acoplado ópticamente al espejo selectivo en longitud de onda, siendo dicho espejo selectivo en longitud de onda transparente en al menos el 50% a la luz absorbida por el material fotoluminiscente y reflectante en al menos el 25% a la radiación que se emite por el material fotoluminiscente y en el que el espejo selectivo en longitud de onda comprende una capa colestérica de polímero nemático quiral.

Especialmente, se proporciona un objeto luminiscente, en el que el espejo selectivo en longitud de onda polimérico comprende una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la derecha o una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la izquierda o comprende tanto una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la derecha como una o más capas colestéricas que reflejan luz polarizada circularmente a la izquierda. Las realizaciones específicas descritas adicionalmente en las reivindicaciones, especialmente las reivindicaciones 3, 7, 11-21 también pueden aplicarse a esta realización

Aún en una realización adicional, en vez de o además de material fotoluminiscente de conversión descendente (es decir material que absorbe luz a una longitud de onda más corta que a la que emite luz, por ejemplo un convertidor de verde a rojo), el objeto luminiscente de la invención también puede comprender materiales de conversión ascendente (es decir material que absorbe luz a una longitud de onda más corta que a la que emite luz).

La invención se ilustra adicionalmente por medio de los siguientes ejemplos.

45 EJEMPLOS

Ejemplo 1

Un sustrato de vidrio limpio tiene una capa de alineación de poliimida (Optimer AI 1051, de JSR Micro) colada por centrifugación sobre el mismo a 2000 rpm/s a una aceleración de 2500 rpm/s² durante 45 s. Después de esto se calentó el sustrato durante 1,5 horas a 180°C a vacío. Se frotó la capa de alineación con una tela de terciopelo para inducir una alineación plana del cristal líquido colestérico aplicado.

En el lado opuesto del portaobjetos, se aplicó una mezcla dopada con colorante isotrópico. Se preparó la mezcla mezclando Irgacure 184 al 1% en peso (de Ciba Chemicals) y DCM (4-dicianmetilen-2-metil-6-(p-dimetilaminoestiril)-4H-pirano al 1% en peso (de Aldrich Chemicals) junto con una disolución que contenía el 75% en peso de pentaacrilato de dipentaeritritol (Aldrich) y el 25% en peso de etanol. Se produjo una película de aproximadamente

10 \square m de grosor mediante recubrimiento por centrifugación a 4000 rpm durante 45 segundos (velocidad de rampa de 2500 rpm/s). Se curó la muestra con UV ($\square=365$ nm) bajo una atmósfera de N_2 durante 10 minutos a temperatura ambiente. Los espectros de absorción y de emisión de la muestra pueden observarse en la figura 9 como las curvas en negra continua y discontinua, respectivamente.

5 Se pulverizó un espejo de plata de 120 nm sobre la capa de colorante usando una recubridora por pulverización convencional (recubridora por pulverización Emitech K575X, a una corriente de 65 mA durante 2,5 min.).

10 Se preparó una mezcla colestérica mezclando el 3,9% en peso de un dopante quirral de quiralidad derecha LC756 (de BASF), el 1% en peso de Irgacure 184 (de Ciba Chemicals), el 1% en peso de tensioactivo y el 94% en peso de huésped de cristal líquido reactivo RM257 (Merck) disuelto en xileno (el 55% en peso de sólidos, el 45% en peso de disolvente). Posteriormente se agitó la mezcla a 80°C durante 3 horas.

15 Se coló por centrifugación la mezcla sobre la capa de alineación de poliimida a 2000 rpm durante 45 s con una velocidad de aceleración de 2500 rpm/s. Tras la colada por centrifugación se calentó el sustrato a 80°C durante aproximadamente 1 min. para evaporar el disolvente y permitir al tensioactivo mejorar la alineación del cristal líquido nemático quirral. Posteriormente, se llevó a cabo la fotopolimerización a temperatura ambiente mediante irradiación durante 10 min. usando una lámpara de UV (longitud de onda máxima de 365 nm) en un entorno de N_2 . Entonces pudo aplicarse fácilmente una segunda capa colestérica de quiralidad izquierda a la superficie usando un procedimiento similar. Finalmente, se aplicó una capa de pintura de plata reflectante a tres bordes de la guía de ondas, dando como resultado el dispositivo final.

20 Se repitió el procedimiento anterior dos veces usando el 4,2 y el 4,5% en peso del dopante quirral de quiralidad derecha LC756. La figura 9 representa los espectros de transmisión de la capa colestérica que contiene el 3,9% en peso del dopante quirral de quiralidad derecha expuesta a una luz no polarizada a tres ángulos de incidencia, es decir 0°, 20° y 40°. Los espectros de transmisión para las capas colestéricas que contienen el 4,2% en peso o el 4,5% en peso del dopante quirral son esencialmente idénticos excepto porque la banda de reflexión para las capas que contienen el 4,2% en peso y el 4,5% en peso se produce a longitudes de onda significativamente más cortas. Para ser más precisos, la banda de reflexión para la incidencia de luz normal en la muestra al 4,2% en peso está desplazada hacia el azul en aproximadamente 32 nm y la banda de reflexión para la muestra al 4,5% en peso en aproximadamente 83 nm.

30 Se determinó la salida luminosa de las muestras de LSC usando un instrumento Autronic DMS 703 (Melchers GmbH) junto con un instrumento CCD-Spect-2 (cámara CCD). Se colocaron las muestras de LSC en un soporte de muestras fabricado a medida y se expusieron a una fuente luminosa aproximadamente uniforme ubicada a una distancia de aproximadamente 11 cm. Se midió la salida luminosa desde una zona pequeña (de aproximadamente 0,8 cm²) del borde de emisión de la muestra a lo largo de una distribución angular de -50-50° en pasos de 1 grado. Se determinó la emisión total integrando los espectros a lo largo de todas las longitudes de onda medidas (350-800 nm) y todos los ángulos. Las mediciones a lo largo del a longitud del borde de muestra indican poca variación con la posición, pero para esos experimentos se fijó la posición de medición de la emisión. Todas las mediciones para muestras individuales con múltiples capas se tomaron en el mismo día. En la figura 10 se muestra un esquema de la configuración de medición.

Muestra	Cantidad de dopante quirral usado	Ángulo de incidencia		
		0°	20°	40°
A	3,9% en peso	17%	14%	11%
B	4,2% en peso	4%	0,6%	-8%
C	4,5% en peso	1%	-6%	14%

40 Tal como puede observarse claramente, la aplicación de la capa colestérica individual (muestra A) mejoró la salida luminosa al menos el 11-17%, y mediante aplicación de una segunda capa de quiralidad izquierda esta mejora será del orden del 20-35%. Los resultados obtenidos para las muestras B y C son reducidos porque la banda de reflexión de la capa colestérica coincide parcialmente con el pico de absorción del material fotoluminiscente y/o sólo coincide parcialmente con el pico de emisión de dicho material fotoluminiscente.

En el presente documento, se usó la capa de alineación para alinear las capas colestéricas.

45 Se repitió este experimento, pero usando un sustrato de PMMA en lugar de un sustrato de vidrio. Se coló por centrifugación una capa de alineación de poliimida (Optimer AI 1051, de JSR Micro) sobre el mismo a 2000 rpm/s a una aceleración de 2500 rpm/s² durante 45 s. Después de esto, se calentó el sustrato durante 1,5 horas a 100°C al aire. Se frotó la capa de alineación con una tela de terciopelo para inducir una alineación plana del cristal líquido colestérico aplicado.

5 En el lado opuesto del portaobjetos, se aplicó una mezcla dopada con colorante isotrópico. Se preparó la mezcla mezclando Irgacure 184 al 1% en peso (de Ciba Chemicals) y DCM (4-dicianmetilen-2-metil-6-(p-dimetilaminoestiril)-4H-pirano al 1% en peso (de Aldrich Chemicals) junto con una disolución que contenía el 75% en peso de pentaacrilato de dipentaeritritol (Aldrich) y el 25% en peso de etanol. Se produjo una película de aproximadamente 10 μ m de grosor mediante recubrimiento por centrifugación a 4000 rpm durante 45 segundos (velocidad de rampa de 2500 rpm/s). Se curó la muestra con UV ($\lambda=365$ nm) bajo una atmósfera de N₂ durante 10 minutos a temperatura ambiente.

Se pulverizó un espejo de plata de 120 nm sobre la capa de colorante usando una recubridora por pulverización convencional (recubridora por pulverización Emitech K575X, a una corriente de 65 mA durante 2,5 min.).

10 Se preparó una mezcla colestérica mezclando el 4,1% en peso de un dopante quiral de quiralidad derecha LC756 (de BASF), el 1% en peso de Irgacure 184 (de Ciba Chemicals), el 1% en peso de tensioactivo y el 94% en peso de huésped de cristal líquido reactivo RM257 (Merck) disuelto en xileno (el 55% en peso de sólidos, el 45% en peso de disolvente). Posteriormente se agitó la mezcla a 80°C durante 3 horas.

15 Se coló por centrifugación la mezcla colestérica sobre la capa de alineación de poliimida a 2000 rpm durante 45 s con una velocidad de aceleración de 2500 rpm/s. Tras la colada por centrifugación se calentó el sustrato a 80°C durante aproximadamente 1 min. para evaporar el disolvente y permitir al tensioactivo mejorar la alineación del cristal líquido nemático quiral. Posteriormente, se llevó a cabo la fotopolimerización a temperatura ambiente mediante irradiación durante 10 min. usando una lámpara UV (longitud de onda máxima de 365 nm) en un entorno de N₂. Entonces puede aplicarse fácilmente una segunda capa colestérica de quiralidad izquierda a la superficie usando un procedimiento similar. Finalmente, se aplicó una capa de pintura de plata reflectante a tres bordes de la guía de ondas, dando como resultado el dispositivo final.

20 Se determinó la salida luminosa de la muestra de LSC usando un instrumento Autronic DMS 703 (Melchers GmbH) junto con un instrumento CCD-Spect-2 (cámara CCD). Se colocaron las muestras de LSC en un soporte de muestras fabricado a medida y se expusieron a una fuente luminosa aproximadamente uniforme ubicada a una distancia de aproximadamente 1 cm. Se midió la salida luminosa desde una zona pequeña (de aproximadamente 0,8 cm²) del borde de emisión de la muestra a lo largo de una distribución angular de -70-70° en pasos de 1 grado. Se determinó la emisión total integrando los espectros a lo largo de todas las longitudes de onda medidas (350-800 nm) y todos los ángulos. Para este experimento se fijó la posición de medición de la emisión.

30 La muestra con la capa colestérica de quiralidad derecha individual demostró un aumento del 34% en la salida luminosa integrada para una luz de entrada normal a la superficie de la guía de ondas en comparación con la salida luminosa integrada de la capa de colorante desnuda. Cuando se cubrió posteriormente con la segunda capa colestérica de quiralidad izquierda, se determinó que la salida luminosa integrada total era un 53% mayor que la de la capa de colorante sola para una luz de entrada incidente normal a la superficie de la guía de ondas.

Ejemplo 2.

35 Se aplicó una mezcla de cristal líquido dopada con colorante homeotrópico a un portaobjetos de vidrio de 30 mm x 30 mm x 1 mm limpio. Se preparó la mezcla de cristal líquido mezclando una disolución de etanol que contenía Irgacure 184 al 1% en peso (de Ciba Chemicals) y cumarina 30 al 1% en peso (de Aldrich Chemicals) junto con una disolución que contenía el 50% en peso de monómero RMM77 y el 50% en peso de xileno en una razón en peso de 1:1. RMM77 (Merck) es un cristal líquido reactivo homeotrópico nemático cuyos principales componentes son cristales líquidos RM82 y RM257 (ambos de Merck) y un dopante homeotrópico. Se agitó la mezcla a 80°C durante 2 horas hasta que se evaporó todo el etanol. Se evaporó el xileno aplicando la mezcla sobre guías de ondas precalentadas (80°C) durante 10 minutos. Tras la evaporación del xileno se creó una película húmeda con una varilla de Meyer de 24 μ m, dando como resultado una película de aproximadamente 10 μ m de grosor. Se curaron las muestras con UV ($\lambda=365$ nm) bajo una atmósfera de N₂ durante 4 minutos a temperatura ambiente y después durante 4 minutos a 110°C.

45 La medición de la salida luminosa por la muestra se llevó a cabo mediante un instrumento Autronic DMS 703 (Melchers GmbH) junto con un instrumento CCD-Spect-2 (cámara CCD). Se colocaron las muestras de LSC en un soporte de muestras fabricado a medida y se expusieron a una fuente luminosa colimada. Se midió la salida luminosa de la superficie de la muestra a lo largo de una distribución angular de 0-90° en pasos de 1 grado. Se determinó la emisión máxima y se comparó con la emisión máxima de la superficie de una muestra isotrópica preparada de una manera exacta a la descrita anteriormente, pero usando una mezcla de RM82 y RM257 que no contenía el dopante homeotrópico. El resultado fue que la muestra homeotrópica tenía casi la mitad de la luz perdida a través de la muestra, aumentando así la cantidad de luz dirigida a la guía de ondas. La figura 11 representa el resultado de este experimento. En esta figura, la intensidad de luz emitida desde la superficie se facilita como función del ángulo de emisión para dos muestras, una con un colorante isotrópicamente alineado (círculos) y una con el colorante homeotrópicamente alineado (triángulos). Obsérvese que para la guía de ondas usada en este experimento, toda la luz por encima de 33° quedó atrapada mediante reflexión interna total, y por tanto no se podía

escapar a través de la superficie. La guía de ondas en el presente documento comprende la placa de vidrio, que tiene dimensiones de 30 x 30 x 1 mm (l x w x h).

El rendimiento de este LSC se mejora sustancialmente mediante la aplicación de una capa colestérica de quiralidad derecha y de quiralidad izquierda acoplada con los espejos de plata tal como se describe en el ejemplo 1.

5 Ejemplo 3

Se repite el ejemplo 2 excepto porque se emplea un polímero liquidocristalino que está alineado a un ángulo de inclinación de aproximadamente 30° usando el procedimiento descrito por Sinha *et al* en Appl. Phys. Lett. (2001), 79 (16), 2543-2545.

10 De nuevo, se mide la eficacia del LSC usando la metodología descrita en el ejemplo 1. Los resultados muestran que la eficacia del LSC supera la eficacia de los LSC descritos en los ejemplos 1 y 2. Se cree que esta eficacia superior está asociada con un acoplamiento mejorado de la radiación emitida en la guía de ondas.

Ejemplo 4

15 También se logró una alineación inclinada de las moléculas de colorante de la siguiente manera. Se preparó una disolución de dos poliimidas: el 4% de Nissan G1211, una poliimida homeotrópica, y el 96% de Nissan G130, una poliimida plana. Se coló por centrifugación esta disolución sobre una placa de vidrio de 30 x 30 x 1 mm a 5000 rpm durante 60 segundos, y se curó en un horno a vacío durante 90 minutos a 180°C. Se frotó la poliimida con una tela de terciopelo.

20 Se coló por centrifugación una mezcla que contenía el 1% de un colorante a base de perileno, el 1% del fotoiniciador Irg184 (Ciba chemicals) y el 98% de RM257 (Merck) disueltos en una razón del 55:45% en peso de xileno, sobre las capas de alineación de poliimida a 2000 rpm durante 40 segundos, y se colocó sobre una placa calefactora a 80° para evaporar el disolvente. Este procedimiento dio como resultado un ángulo de inclinación de de los colorantes a base de perileno de aproximadamente 15°.

25 Se determinó la salida luminosa de la muestra de LSC usando un instrumento Autronic DMS 703 (Melchers GmbH) junto con un instrumento CCD-Spect-2 (cámara CCD). Se colocaron las muestras de LSC en un soporte de muestras fabricado a medida y se expusieron a una fuente luminosa aproximadamente uniforme ubicada a una distancia de aproximadamente 11 cm. Se midió la salida luminosa desde una zona pequeña (de aproximadamente 0,8 cm²) del borde de emisión de la muestra a lo largo de una distribución angular de -70-70° en pasos de 1 grado. Se determinó la emisión total integrando los espectros a lo largo de todas las longitudes de onda medidas (350-800 nm) y todos los ángulos. Para este experimento, se fijó la posición de medición de la emisión. La salida luminosa
30 integrada total de esta muestra fue ~10% superior a la salida de una muestra orientada al azar preparada de la misma manera (que no comprendía una capa de alineación de poliimida).

35 Debe observarse que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran, en vez de limitar, la invención, y que los expertos en la técnica podrán diseñar muchas realizaciones alternativas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, cualquier símbolo de referencia entre paréntesis no debe interpretarse como que limita la reivindicación. El uso del verbo "comprender" y sus conjugaciones no excluye la presencia de elementos o etapas distintos de los mencionaos en una reivindicación. El artículo "un/o" o "una" que precede a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos. La invención puede implementarse por medio de hardware que comprende varios elementos distintos, y por medio de un ordenador programado de manera adecuada. En la reivindicación de dispositivo que enumera varios medios, varios de estos
40 medios pueden realizarse como un único elemento de hardware. El simple hecho de que se mencionen determinadas medidas en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de esas medidas no pueda usarse como ventaja.

REIVINDICACIONES

1. Uso de un objeto luminiscente como dispositivo concentrador solar luminiscente, comprendiendo el objeto luminiscente un material laminado óptico o una fibra óptica que comprende:
- a una capa o núcleo (1) luminiscente que contiene un material fotoluminiscente;
- 5 b un espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda; y
- c una guía (2) de ondas;
- 10 en el que la capa luminiscente o el núcleo (1) luminiscente está acoplado ópticamente al espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda, siendo dicho espejo selectivo en longitud de onda transparente en al menos el 50% a la luz absorbida por el material fotoluminiscente y reflectante en al menos el 50% a la radiación que se emite por el material fotoluminiscente, en el que el espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda comprende una capa colestérica de polímero nemático quirral, en el que la reflectividad del espejo selectivo en longitud de onda para la radiación emitida por el material fotoluminiscente supera la reflectividad del mismo espejo para la radiación óptica absorbida por dicho material fotoluminiscente en al menos el 50%,
- 15 en el que el material fotoluminiscente está dispuesto para excitarse por la radiación incidente y emitir radiación óptica, la guía (2) de ondas está dispuesta para permitir la entrada de radiación emitida y para transportar la radiación que ha entrado hasta una salida, salida que está acoplada ópticamente a una celda (13) fotovoltaica y el espejo selectivo en longitud de onda está dispuesto para reflejar la radiación emitida que vuelve a entrar en la capa o núcleo luminiscente de vuelta a la guía (2) de ondas.
- 20 2. Uso del objeto luminiscente según reivindicación 1, que comprende una primera capa colestérica que refleja luz (7) polarizada circularmente a la derecha y una segunda capa colestérica que refleja luz (8) polarizada circularmente a la izquierda.
3. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espejo selectivo en longitud de onda comprende una primera capa de apilamiento polimérica que refleja una polarización de la luz y una segunda capa de apilamiento polimérica que refleja la polarización opuesta de la luz.
- 25 4. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la reflectividad del espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda para la radiación emitida por el material fotoluminiscente supera la reflectividad del mismo espejo para la radiación óptica absorbida por dicho material fotoluminiscente en al menos el 80%.
- 30 5. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda es transparente en al menos el 60%, preferiblemente transparente en al menos el 70% a la luz absorbida por los materiales fotoluminiscentes.
6. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda es reflectante en al menos el 60%, preferiblemente reflectante en al menos el 70% a la radiación que se emite por el material fotoluminiscente.
- 35 7. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda comprende un espejo selectivo en polarización que es transparente en al menos el 50% a la luz absorbida por el material fotoluminiscente y que es reflectante en al menos el 50% a radiación polarizada lineal o circular con la polarización apropiada.
- 40 8. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la capa luminiscente o el núcleo (1) luminiscente comprende un polímero alineado que contiene un material fotoluminiscente orientado.
9. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el objeto es predominantemente transparente para radiación óptica en el intervalo de 400-500 y/o 600-700 nm.
- 45 10. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una capa (1) luminiscente y una guía (2) de ondas, en el que el objeto es un material laminado óptico o una fibra óptica, acoplándose el objeto luminiscente ópticamente a la guía de ondas, comprendiendo el objeto luminiscente un polímero alineado que contiene un material fotoluminiscente orientado, estando dicho material fotoluminiscente orientado inmovilizado dentro del polímero alineado, y teniendo dicho polímero alineado un ángulo de preinclinación de 10-90° con relación a la superficie del objeto.
- 50 11. Uso del objeto luminiscente según reivindicación 10, en el que el material fotoluminiscente orientado tiene una razón dicróica de al menos 2,0, preferiblemente de al menos 3,0, lo más preferiblemente de al menos 5,0 en una celda plana.

12. Uso del objeto luminiscente según reivindicaciones 10 u 11, en el que el polímero alineado tiene un ángulo de preinclinación de 30-80°.
13. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones 10-12, en el que el polímero alineado tiene un ángulo de preinclinación de 30-70°, preferiblemente de 40-70°, más preferiblemente 40-60°.
- 5 14. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el objeto es una fibra óptica que comprende una capa luminiscente y un núcleo de guía de ondas.
15. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en el que el objeto es una fibra óptica que comprende un núcleo (1) luminiscente y una guía de ondas (1).
- 10 16. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones 10-15, en el que la guía (2) de ondas no comprende un colorante fluorescente.
17. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones 10-16, en el que el ángulo de preinclinación está dentro del intervalo de 15-85°.
18. Uso del objeto luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones 10-16, en el que el ángulo de preinclinación está dentro del intervalo de 30-60°.
- 15 19. Dispositivo fotovoltaico que comprende un medio de recogida de radiación electromagnética que contiene
- i) un objeto luminiscente; y
- ii) una celda (13) fotovoltaica que puede convertir radiación óptica en energía eléctrica que está acoplada ópticamente a una salida del objeto luminiscente,
- en el que el objeto luminiscente comprende:
- 20 a. una capa o núcleo (1) luminiscente que contiene un material fotoluminiscente; y
- b. un espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda; y
- c. una guía (2) de ondas;
- en el que la capa luminiscente o el núcleo (1) luminiscente está acoplado ópticamente al espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda, siendo dicho espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda transparente en al menos el 50% a la luz absorbida por el material fotoluminiscente y reflectante en al menos el 50% a la radiación que se emite por el
- 25 material fotoluminiscente, en el que el espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda comprende una capa colestérica de polímero nemático quirral, en el que la reflectividad del espejo selectivo en longitud de onda para la radiación emitida por los materiales fotoluminiscentes supera la reflectividad del mismo espejo para la radiación óptica absorbida por dicho material fotoluminiscente en al menos el 50%, en el que el objeto luminiscente comprende un
- 30 material laminado óptico o una fibra óptica, y en el que el material laminado óptico comprende la capa o núcleo luminiscente y el espejo selectivo en longitud de onda,
- en el que el material fotoluminiscente está dispuesto para excitarse por la radiación incidente y emitir radiación óptica, la guía (2) de ondas está dispuesta para permitir la entrada de radiación emitida y para transportar la radiación que ha entrado hasta la salida, y el espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda está dispuesto para reflejar
- 35 la radiación emitida que vuelve a entrar en la capa o núcleo (1) luminiscente a la guía (2) de ondas.
20. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 19, en el que la capa luminiscente o el núcleo (1) luminiscente y el espejo (7, 8) selectivo en longitud de onda son adyacentes.
21. Ventana que comprende el objeto luminiscente según la reivindicación 19, y una celda (13) fotovoltaica que puede convertir radiación óptica en energía eléctrica que está acoplada ópticamente a la salida del objeto
- 40 luminiscente.

Fig 1

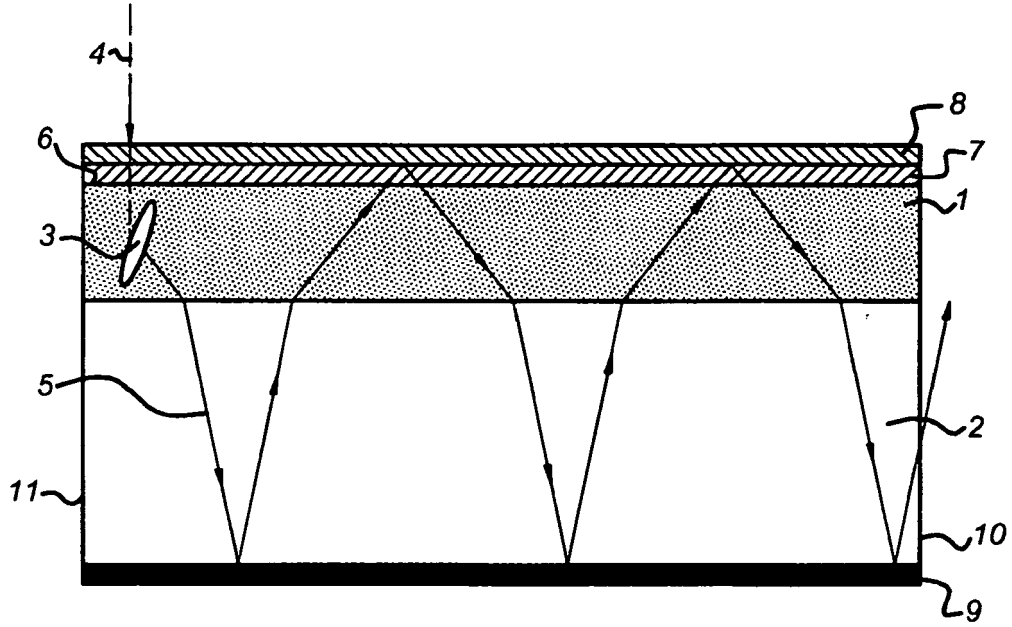


Fig 2

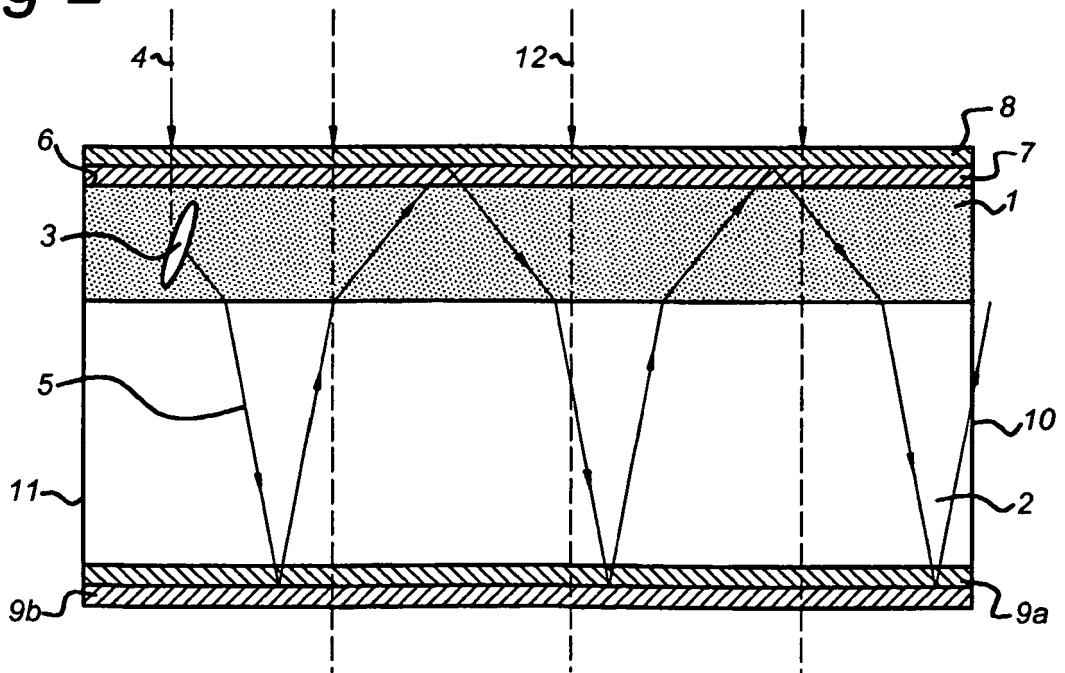


Fig 3

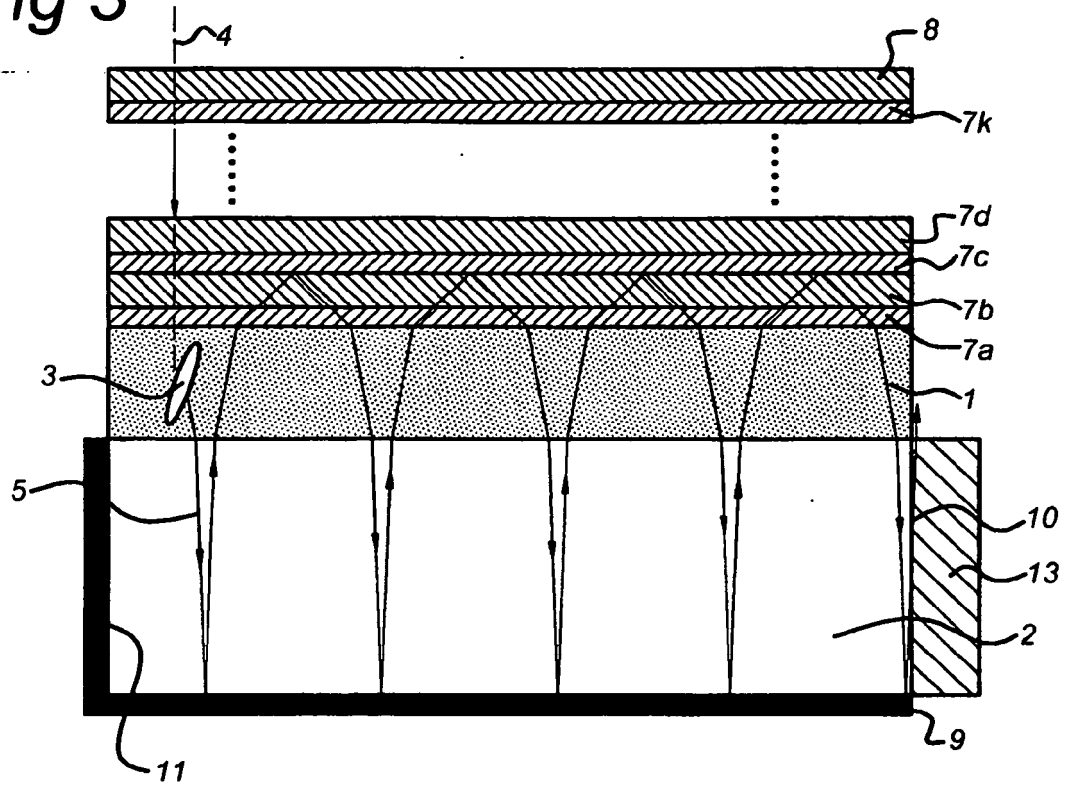


Fig 4

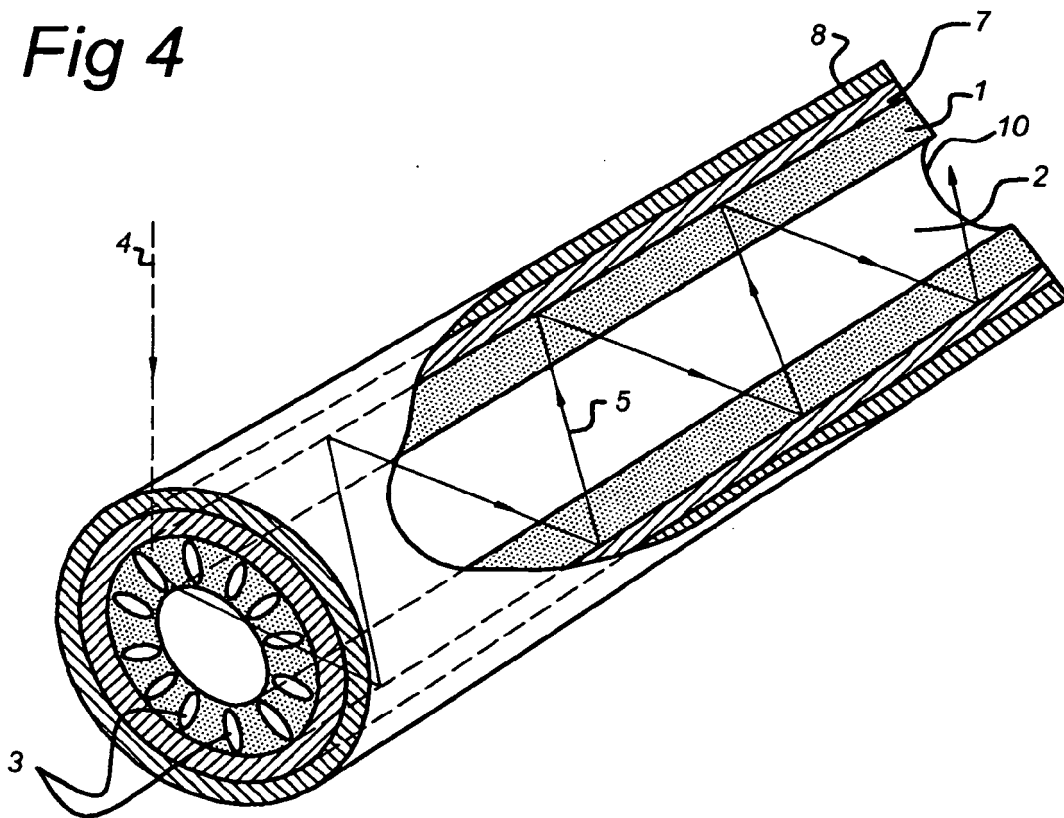


Fig 5a

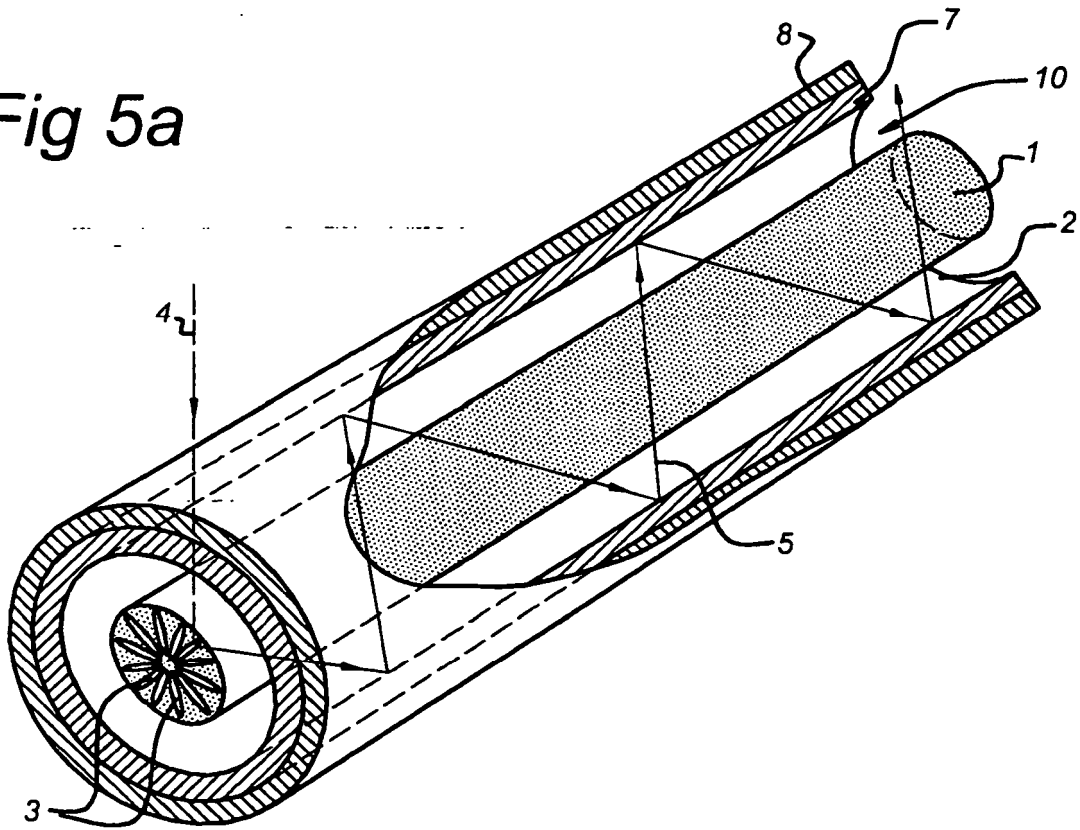


Fig 5b

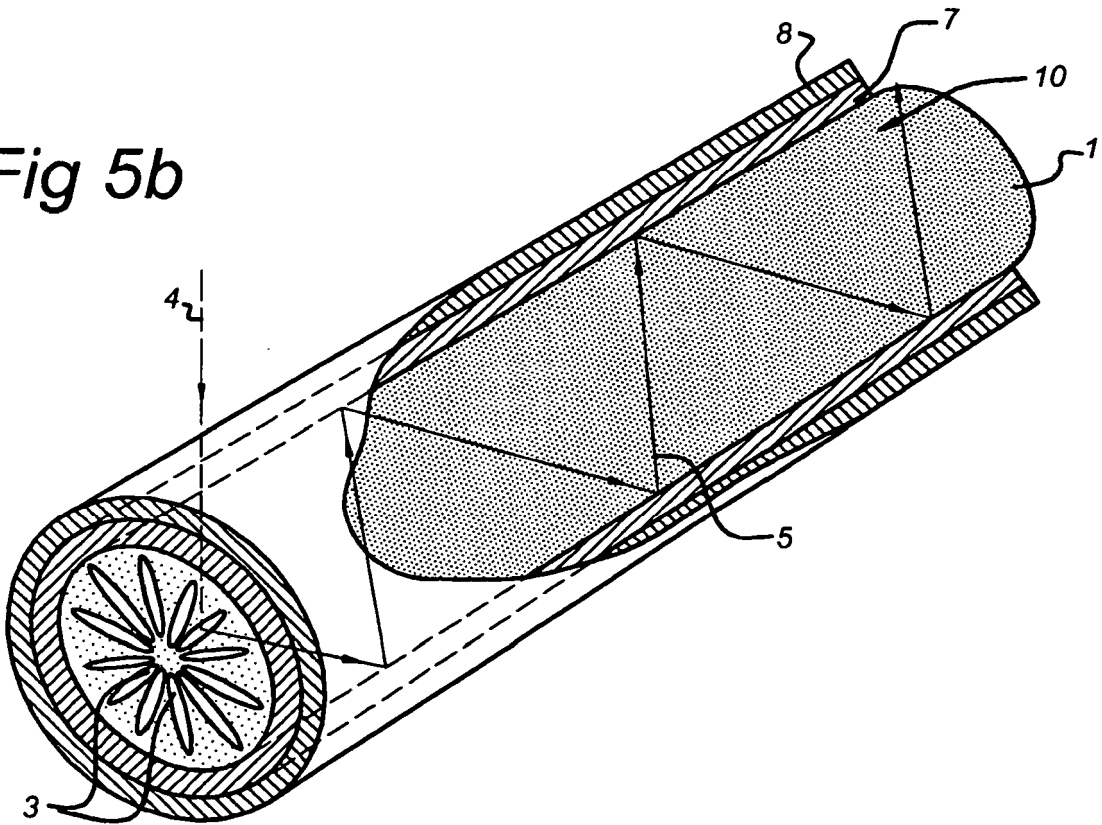


Fig 6

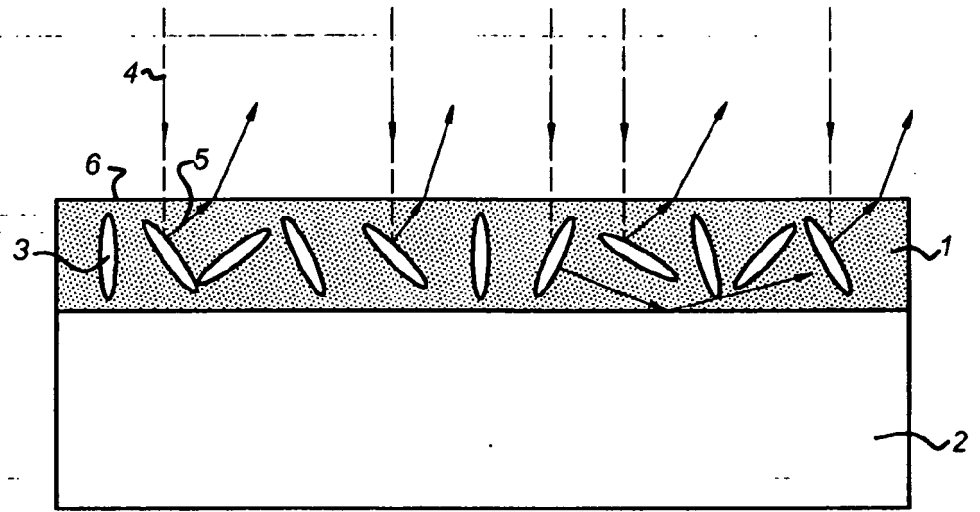


Fig 7

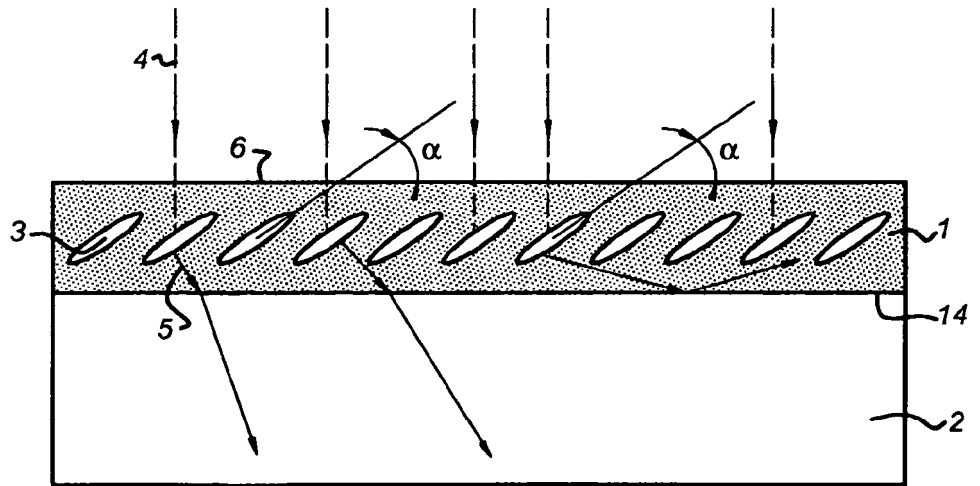


Fig 8

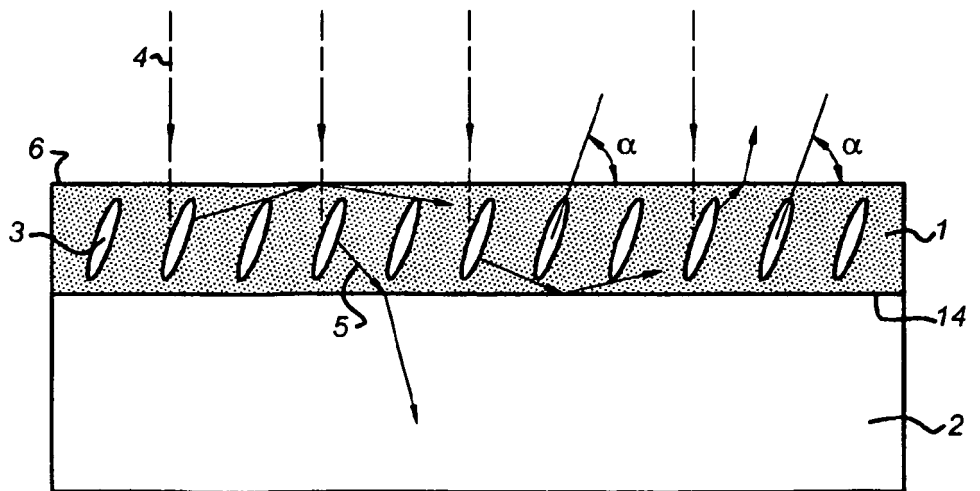


Fig 9

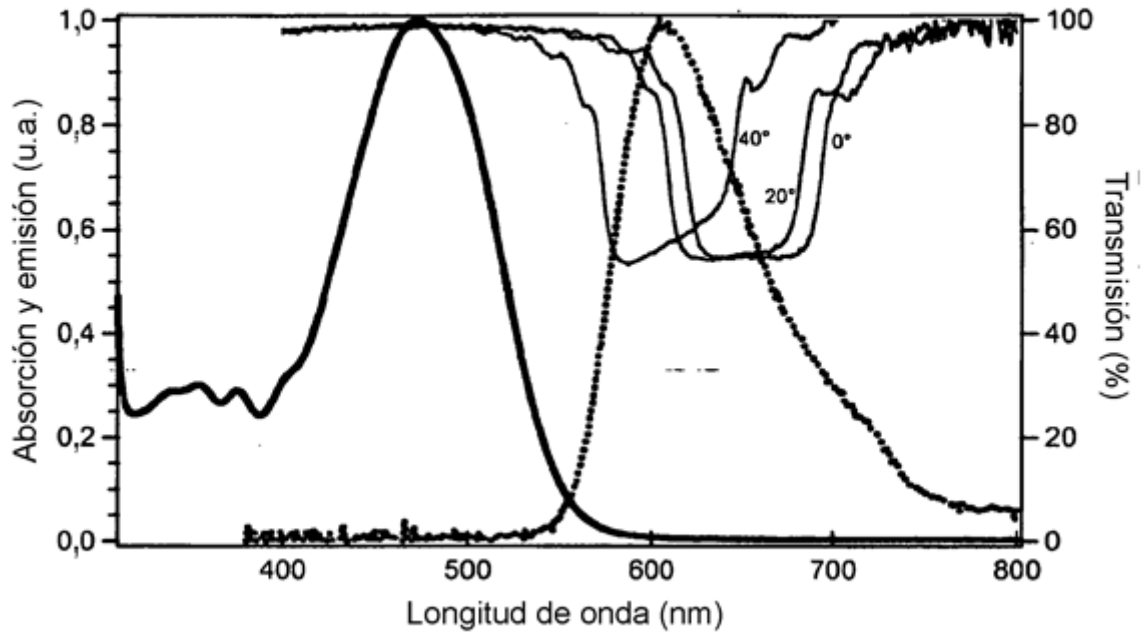


Fig 10

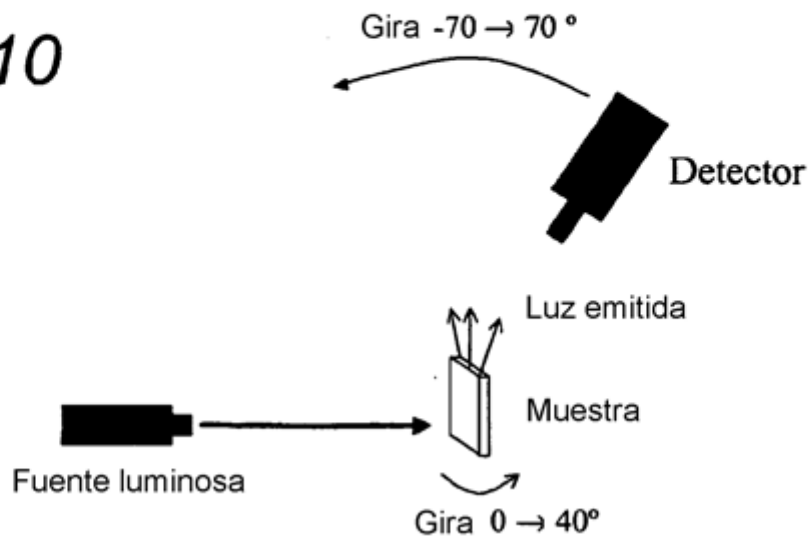


Fig 11

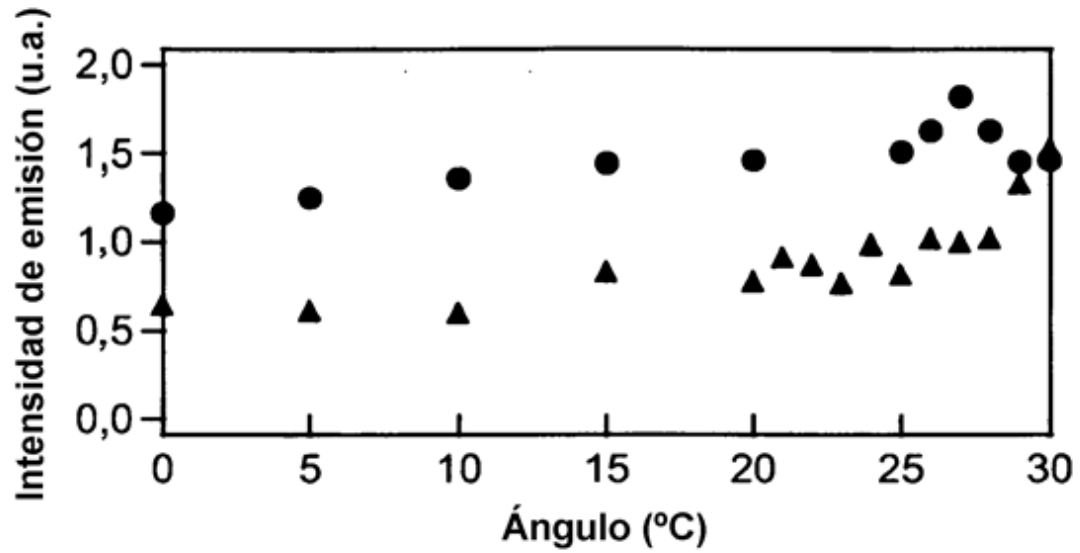


Fig 12

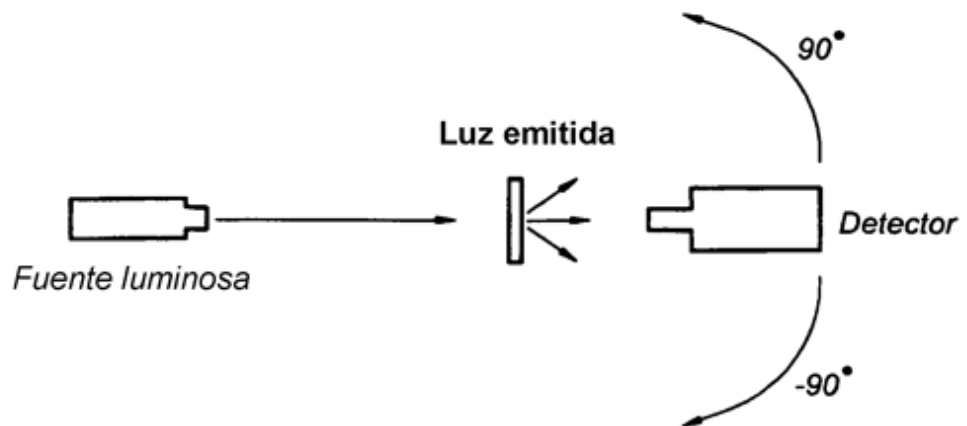


Fig 13a

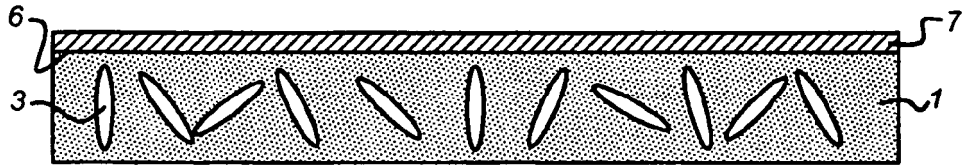


Fig 13b

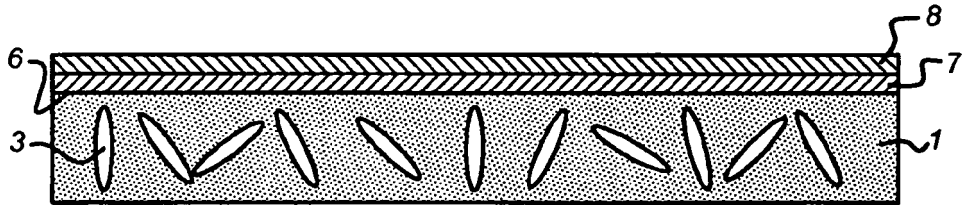


Fig 13c

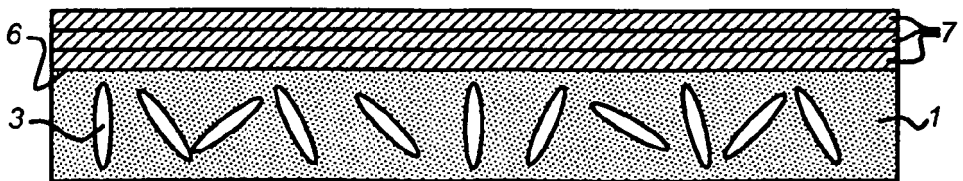


Fig 14a

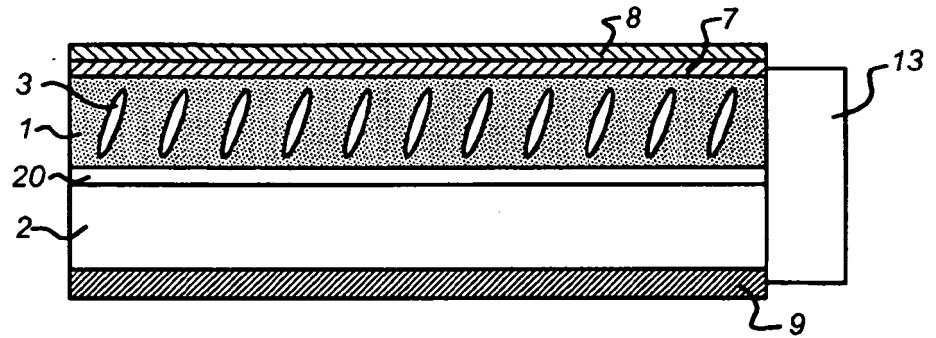


Fig 14b

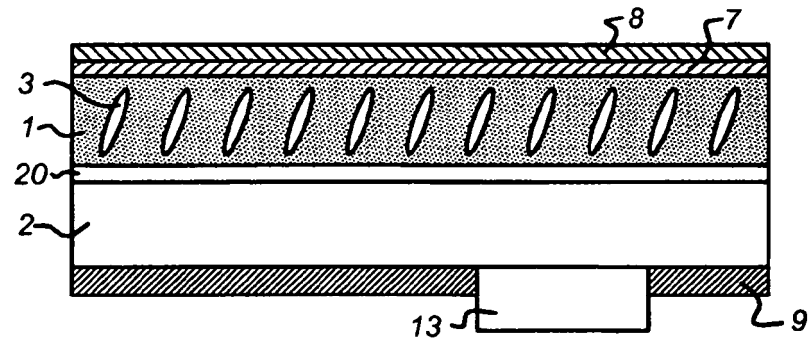


Fig 14c

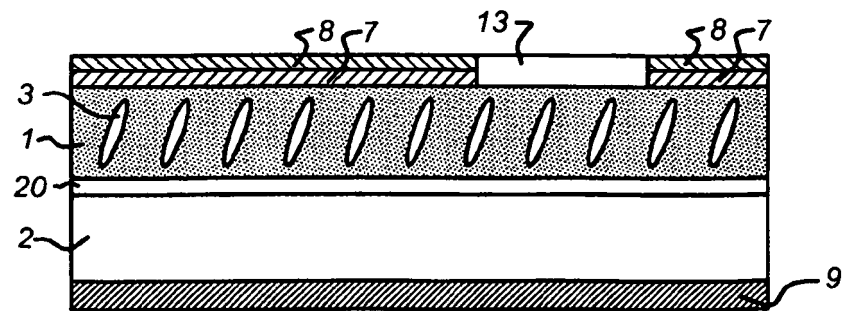


Fig 14d

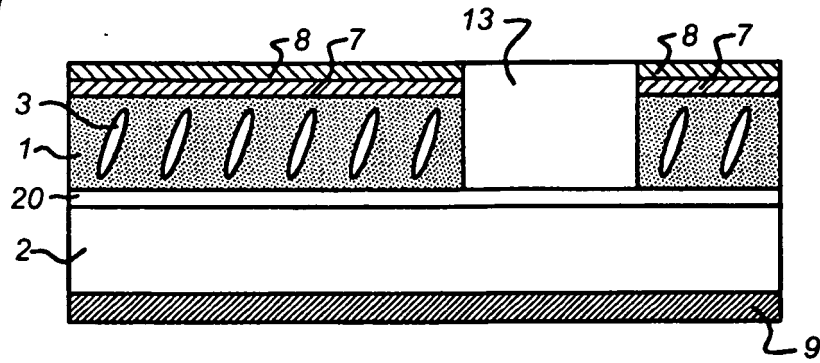


Fig 14e

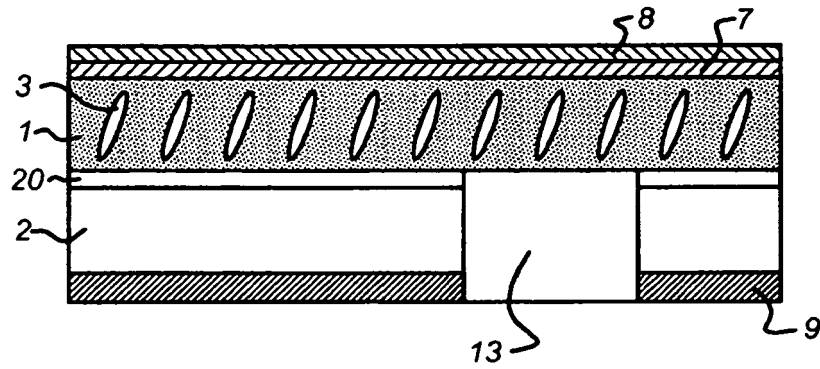


Fig 15

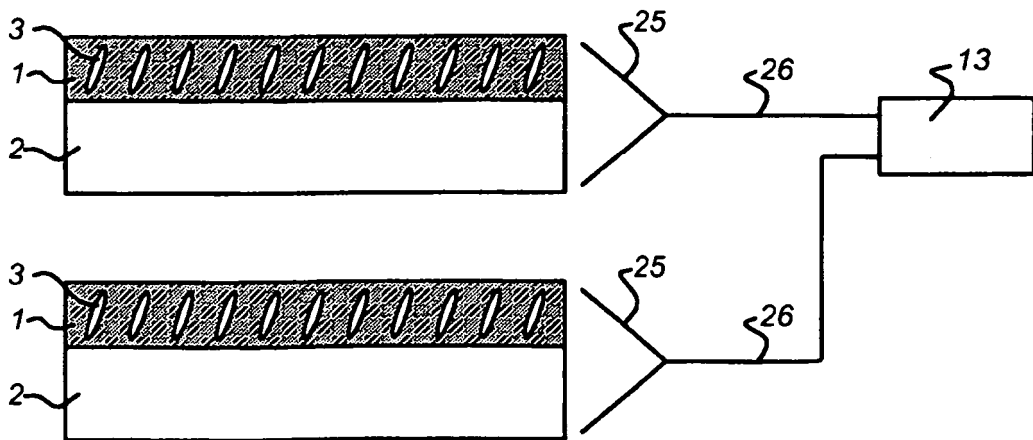


Fig 16a

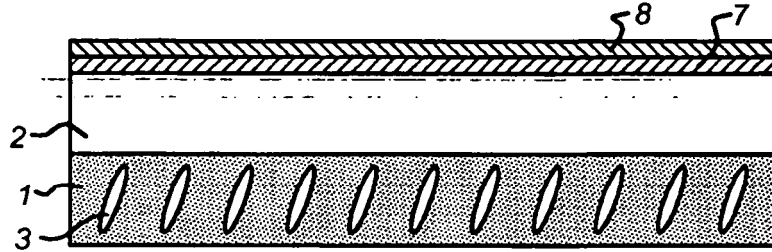


Fig 16b

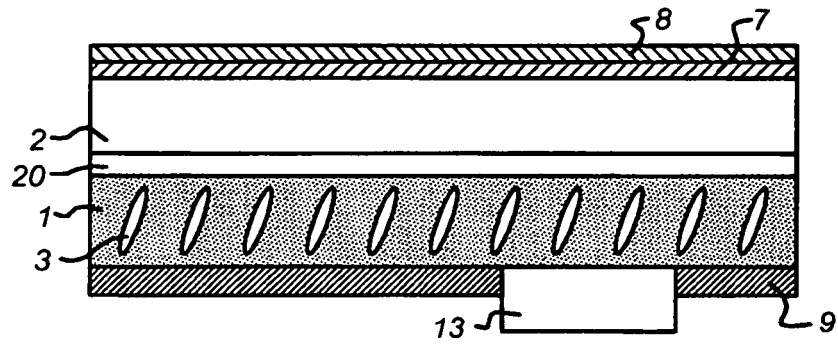


Fig 16c

