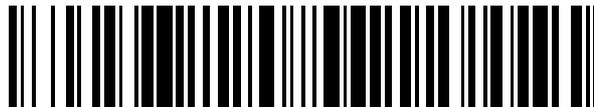


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 787 826**

51 Int. Cl.:

**G02B 6/00** (2006.01)

**F21V 8/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2012 PCT/IB2012/000617**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.11.2012 WO12146960**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2012 E 12720570 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 2702438**

54 Título: **Aparatos de guía de ondas para sistemas de iluminación**

30 Prioridad:

**28.04.2011 US 201161480216 P**

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

**19.10.2020**

73 Titular/es:

**L.E.S.S. LTD (100.0%)  
Av. de Longemalle 13  
1020 Renens, CH**

72 Inventor/es:

**TISSOT, YANN**

74 Agente/Representante:

**MIAZZETTO , Fabrizio**

ES 2 787 826 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

Aparatos de guía de ondas para sistemas de iluminación

5 **Materias relacionadas**

Esta solicitud reivindica el beneficio de la fecha de presentación anterior de la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos N° de serie 61/480.216, presentada el 28 de abril de 2011, titulada "Waveguide Apparatus for Illumination Systems".

10

**Campo de la invención**

Una realización de la invención se refiere, en general, a un aparato de guía de ondas cilíndrica que, como parte de un sistema de iluminación distribuido, puede proporcionar iluminación blanca de una manera más direccional, con intensidad uniforme y energéticamente más eficaz. Otra realización es un método para fabricar el aparato. También se describen otras realizaciones.

15

**Antecedentes**

20 En un sistema básico de iluminación de fibra, una fuente de luz inyecta luz en una fibra óptica y la fibra sirve entonces para transportar la luz inyectada a una localización remota y deseada. En la localización remota, la fibra queda expuesta, normalmente en su superficie final, de tal manera que la luz puede escapar e iluminar la región remota que está fuera y cerca de la superficie final de la fibra. Más recientemente, se ha sugerido un sistema de iluminación basado en fibra que tiene múltiples regiones, cada una con un índice de refracción diferente, y esto puede usarse para desviar presuntamente la luz que se propaga hacia un lado de la fibra a lo largo de su longitud. Véase la patente de Estados Unidos 5.905.837 de Wang, et al. También se ha sugerido un patrón de desviación de 360 grados u omnidireccional, a través del uso de cambios combinados en la relación del índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento, y los coeficientes de absorción y dispersión en la fibra. Véase la patente de Estados Unidos 6.714.711 de Lieberman, et al. Un esfuerzo posterior ha sugerido el uso de una rejilla de difracción señalizada en el núcleo de la fibra, para difractar la luz fuera de la fibra, y una estructura de lente convexa fuera de la fibra es para recibir la luz difractada y establecer un campo de iluminación lineal. Véase la patente de Estados Unidos 7.437.035 de Carver, et al. Sin embargo, no es evidente la eficacia de tales técnicas en la producción eficaz de luz de iluminación que tiene contenido visible de banda ancha (también denominado en el presente documento luz blanca) mientras se garantiza su uniformidad a lo largo de la longitud de la fibra.

35

El documento US 2007/0263405 describe una fuente de luz tubular que tiene una fuente de luz semiconductor y un tubo. El tubo incluye centros de dispersión que hacen que la luz que se desplaza en el tubo se refleje en ángulos de tal manera que la luz reflejada salga del tubo a través de la superficie del tubo lateral. Los centros de dispersión pueden dispersarse en el medio transparente o localizarse en la superficie del tubo lateral.

40

El documento US 2007/0053634 describe un sistema para proporcionar un campo lineal de energía electromagnética que incluye un láser, al menos una longitud de fibra óptica monomodo o multimodo que incluye un núcleo que tiene una rejilla de difracción suturada de paso predeterminado para difractar la energía electromagnética en una dirección predeterminada.

45

El documento JP 2007227573 describe un dispositivo emisor de luz que tiene una luminancia uniforme. El dispositivo tiene una rejilla de difracción para generar luz de radiación con el fin de difundir la luz guiada al revestimiento de la rejilla de fibra.

50 **Sumario**

La invención está definida en las reivindicaciones.

Un ejemplo de la descripción es un aparato de guía de ondas de luz que puede ser parte de un sistema de iluminación distribuida que produce iluminación que tiene contenido visible de banda ancha (luz blanca) mientras permite un fácil control de la temperatura de color y la uniformidad de intensidad de la iluminación a lo largo de la longitud de la guía de ondas. El aparato tiene una guía de ondas que transporta o guía la luz primaria a una localización remota, es decir alejada de una fuente de luz primaria. La guía de ondas contiene varias estructuras de dispersión, que sirven para redistribuir o redirigir la luz primaria de propagación fuera de una superficie lateral de la guía de ondas y con un patrón de radiación deseado. El patrón de radiación puede ser direccional, por ejemplo, tener al menos un lóbulo predeterminado de radiación que tiene una extensión radial de menos de 360 grados y en una posición radial deseada, y puede colocarse como se desee en la dirección longitudinal. Se proporciona un medio o capa de material fotoluminiscente, preferentemente fuera y que se extiende longitudinalmente a lo largo de la guía de ondas, para absorber la luz primaria redirigida y, como resultado, emitir una luz secundaria convertida en longitud de onda que tiene una longitud de onda diferente que la luz primaria. La luz primaria debería ser de longitud de onda casi individual o monocromática, como la producida, por ejemplo, por un láser o un diodo emisor de luz (LED) de un

65

solo color que está sintonizado en una banda de absorción primaria del medio fotoluminiscente. Esto produce luz de iluminación de banda ancha (también conocida en el presente documento como luz blanca) debido a que la luz secundaria convertida de longitud de onda se combina con cualquier luz primaria redirigida no absorbida, en una dirección que, en un ejemplo, puede ser transversal al eje de propagación de la guía de ondas, en la localización remota. La luz de iluminación puede ser, en esencia, una combinación de la luz secundaria convertida de longitud de onda (que puede tener un ancho de banda más amplio que la luz primaria) más cualquier parte no absorbida de la luz primaria redirigida. El aparato de guía de ondas también permite colocar la fuente de luz primaria lejos de la localización de conversión de luz, de tal manera que pueda reducirse la disipación térmica en esa localización. También se describen otros ejemplos.

La guía de ondas puede ser cualquier fibra óptica adecuada, tal como una fibra de revestimiento único, multicapa y de cristal fotónico o microestructurada, que puede proporcionar una mejor eficacia de iluminación debido a los reflejos parásitos más bajos y a los costes de fabricación más bajos. En un ejemplo, la fibra óptica puede tener una capa central y una capa de revestimiento. Las estructuras de dispersión (por ejemplo, microdifusores o reflectores) son preferentemente estructuras inducidas por láser formadas anteriormente dentro de la fibra, ya sea completamente en la capa central o parcialmente en el núcleo y parcialmente en el revestimiento. Estas estructuras de dispersión están diseñadas para redirigir la luz primaria de acuerdo con un patrón de radiación deseado que atraviesa la superficie lateral exterior o delantera de la fibra; el patrón de radiación puede tener una forma definida en parte por ciertas características de las estructuras de dispersión. La capa fotoluminiscente puede estar conformada para ser concéntrica con la fibra, y/o puede estar conformada para recibir, parcial o completamente (por ejemplo, orientada perpendicularmente a) el patrón de radiación de la luz primaria redirigida. En particular, la eficacia de conversión de luz puede mejorarse (a) haciendo coincidir la geometría de la guía de ondas y la de la capa fotoluminiscente (por ejemplo, conformando una superficie incidente de la capa de fotoluminiscencia a la superficie radiante o exterior de la guía de ondas), y (b) adaptando la diferencia de índice de refracción entre un material de la guía de ondas y un material del medio fotoluminiscente, específicamente cuando el material de guía de ondas tiene un índice de refracción que es aproximadamente igual o inferior que el del medio fotoluminiscente.

Puede colocarse un reflector opcional detrás de la guía de ondas y puede diseñarse para reflejar parte del patrón de radiación de la luz primaria redirigida, junto con cualquier luz secundaria incoherente. Por ejemplo, el reflector puede tener una superficie reflectante curva, y puede dimensionarse y colocarse para ser concéntrico con la guía de ondas cilíndrica. Sin embargo, en general, el reflector puede tener un radio mayor que el de la guía de ondas cilíndrica, o puede tener una forma no circular, por ejemplo, rectangular, en forma de V. Además, o tal vez como alternativa, puede haber un reflector colocado entre el medio fotoluminiscente y la guía de ondas, que esté diseñado para reflejar la luz secundaria y dejar pasar la luz primaria. Esto puede ser parte de un medio o capa intermedia que se forma entre la superficie lateral exterior de la guía de ondas y la cara interior de la capa fotoluminiscente.

En un ejemplo, la iluminación homogénea, es *decir*, una intensidad y/o calidad de color relativamente uniforme o fija, puede obtenerse a lo largo de la longitud de la guía de ondas, procesando las estructuras de dispersión inducidas por láser con el fin de localizarlas una de cerca de otra, *por ejemplo*, desde unos pocos nanómetros hasta unos pocos micrómetros, y variar su fuerza de dispersión como una función de su posición a lo largo de la longitud de la guía de ondas. Esto puede permitir que la fuerza de dispersión compense la inevitable pérdida de potencia sufrida por la luz primaria a medida que se propaga a lo largo de una región o zona de dispersión en la guía de ondas. Además, usando múltiples fuentes de luz primarias a diferentes longitudes de onda, en las que la luz de cada una de estas fuentes de luz se dispersa mediante una estructura de dispersión respectiva y a continuación se absorbe por una sección respectiva de la capa fotoluminiscente, puede ser posible una mejora en la calidad del color de la luz de iluminación. En general, la localización, la forma, el tamaño, la resistencia, la orientación y la periodicidad de las estructuras de dispersión, tanto a lo largo del eje primario de propagación de la luz como a través o transversal al mismo, pueden seleccionarse o adaptarse para proporcionar una característica deseada para la luz de iluminación, por ejemplo un patrón de iluminación intencionalmente no homogéneo.

El sumario anterior no incluye una lista exhaustiva de todos los aspectos de la presente invención. Se contempla que la invención incluye todos los sistemas y métodos que pueden practicarse a partir de todas las combinaciones adecuadas de los diversos aspectos resumidos anteriormente, así como aquellos desvelados en la siguiente descripción detallada y específicamente señalados en las reivindicaciones presentadas con la solicitud. Dichas combinaciones tienen unas ventajas específicas que no se mencionan específicamente en el sumario anterior.

### Breve descripción de los dibujos

Los ejemplos de la divulgación se ilustran a modo de ejemplo y no a modo de limitación en las figuras de los dibujos adjuntos en los que referencias similares indican elementos similares. Debería observarse que las referencias a "un" o "uno" ejemplo en la presente divulgación no son necesariamente al mismo ejemplo, y significan al menos uno.

Las **figuras 1a-1b** son unas vistas laterales en sección de un aparato de guía de ondas de acuerdo con un ejemplo, que muestran diversos tipos de estructuras de dispersión de diversas formas y periodicidad.

La **figura 1c** es una gráfica de un espectro de ejemplo de la luz de iluminación proporcionada por el aparato de

guía de ondas.

Las **figuras 2a-2c** son unas vistas en sección de patrones de radiación de ejemplo para la luz primaria redirigida.

5 La **figura 3a** es una vista final en sección de un aparato de guía de ondas cilíndrica de ejemplo en una versión totalmente integrada.

La **figura 3b** es una vista final en sección del ejemplo del aparato de guía de ondas de la **figura 3a** superpuesta haciendo referencia al comportamiento de la luz primaria y secundaria.

10 La **figura 4** es una vista en perspectiva de un aparato de guía de ondas cilíndrica de ejemplo para acoplarse a múltiples fuentes de luz primarias de diferentes longitudes de onda.

15 Las **figuras 5a-5f** son unas vistas finales en sección de un aparato de guía de ondas cilíndrica de ejemplo, con diferentes combinaciones de capa fotoluminiscente y reflector.

Las **figuras 6a-6c** son unas vistas laterales en sección de un ejemplo del aparato de guía de ondas, que muestran diversos espacios entre una estructura de dispersión y su capa fotoluminiscente asociada.

20 La **figura 7** muestra una aplicación del aparato de guía de ondas.

La **figura 8** muestra otra aplicación del aparato de guía de ondas.

### Descripción detallada

25 La presente divulgación describe un aparato de guía de ondas adecuado para un sistema de iluminación distribuido eficaz que puede producir luz blanca en una localización alejada de una fuente de luz primaria, y cuyo patrón de radiación (que incluye su ángulo radial y su extensión radial) y uniformidad pueden controlarse fácilmente a lo largo de la longitud de la guía de ondas. En primer lugar, se proporciona una exposición de ciertos términos usados en el presente documento, seguido de una descripción de diversas realizaciones del aparato en relación con las figuras. La o las referencias a las "realizaciones" a lo largo de la descripción que no están dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas simplemente representan posibles ejecuciones a modo de ejemplo y, por lo tanto, no son parte de la presente invención.

35 Siempre que las formas, las posiciones relativas y otros aspectos de las partes descritas en las realizaciones no estén claramente definidas, el alcance de la invención no se limita solo a las partes mostradas, que tienen el único fin de ilustrar. Además, aunque se exponen numerosos detalles, se entiende que algunas realizaciones de la invención pueden practicarse sin estos detalles. En otros casos, las estructuras y técnicas bien conocidas no se han mostrado en detalle con el fin de no oscurecer la comprensión de esta descripción.

40 Longitud de onda, este término indica la longitud de onda de la intensidad pico de un espectro de luz. Por ejemplo, esto puede estar relacionado con una longitud de onda casi única o una fuente monocromática (por ejemplo, un láser) o puede estar relacionado con un espectro más amplio pero aún con una fuente de luz de banda estrecha (por ejemplo, un LED de un solo color).

45 Luz primaria y fuente de luz primaria, se refieren a la luz que puede producirse por cualquier fuente de radiación que sea capaz de provocar una emisión de una región del material fotoluminiscente (también denominada en el presente documento como capa fotoluminiscente). Por ejemplo, la fuente primaria puede ser un diodo emisor de luz, LED, incoherente, de espectro relativamente amplio, pero aún de "color único", que comprende una región activa (unión p-n) que puede incluir uno o diversos pozos cuánticos y puede contener material de GaN, Al-GaN y/o InGaN. Como alternativa, la fuente primaria puede ser un diodo emisor de luz orgánico (OLED) o una fuente basada en puntos cuánticos. La fuente primaria puede ser, como alternativa, una fuente de luz coherente y de espectro nítido, tal como un láser que emite una sola longitud de onda (también conocida en el presente documento como longitud de onda casi individual), o puede ser múltiples láseres de longitud de onda única, por ejemplo láseres que emiten luz roja, verde y azul (R, G, B), respectivamente.

50 Luz secundaria, esta es la luz producida por un proceso de fotoluminiscencia que responde a la luz primaria. En un ejemplo, la luz primaria es luz de longitud de onda corta (o energía fotónica "alta") (por ejemplo, verde, azul o UV) que se absorbe por la capa fotoluminiscente, mientras que la luz secundaria se refiere a la luz de longitud de onda larga (o energía fotónica "baja") que se reemite por la capa fotoluminiscente. La luz secundaria también puede denominarse en el presente documento luz convertida de longitud de onda.

65 Luz de iluminación, esta expresión se refiere a la luz que tiene al menos una parte del espectro que es visible para el ojo humano y que se genera basándose en un proceso de fotoluminiscencia (la luz secundaria) y también puede incluir algo de luz primaria no absorbida. También puede tener algunos componentes que no son visibles, por ejemplo el infrarrojo. La luz de iluminación puede tener una distribución de potencia espectral similar a la de un diodo

emisor de luz blanca, WLED. La eficacia del proceso global para producir la luz de iluminación puede mejorarse cuando una longitud de onda de la luz primaria coincide con una banda espectral de absorción de la capa de fotoluminiscencia.

5 Reproducción de color o temperatura de color, la reproducción de color se refiere a una medida de la calidad de los colores producidos por una fuente de iluminación y que son visibles para el ojo humano (curva de fotometría). Un ejemplo es el índice de reproducción cromática, CRI. La temperatura de color es una característica de la luz visible que se refiere al ideal de la radiación del cuerpo negro. La temperatura de color se proporciona normalmente en un diagrama de cromaticidad (coordenadas CIE). De acuerdo con una realización, el CRI de la luz de iluminación puede  
10 ajustarse al deseado, por ejemplo, adaptando la composición química del medio fotoluminiscente. La temperatura de color puede ajustarse adaptando la concentración (por ejemplo, la densidad de partículas) y/o el espesor del medio fotoluminiscente. Otras técnicas para adaptar el CRI, o como alternativa la gama, de la luz de iluminación incluyen el dopaje de la guía de ondas, por ejemplo su núcleo, con un componente activo tal como los usados en amplificadores de fibra óptica y/o usando múltiples fuentes de luz primaria de diferentes colores.

15 Estructuras de dispersión inducidas por láser, se refiere a la modificación local del material de la guía de ondas por exposición a una fuente láser externa de alta energía. Dichas modificaciones de material no se limitan a modificaciones del índice de refracción local, sino que también pueden abarcar modificaciones locales de material verdaderas (estructuras fundidas o huecos). Las fuentes de procesamiento láser externas que pueden usarse  
20 incluyen láseres UV profundos (CW o excímero) que usan la fotosensibilidad intrínseca del material de guía de ondas para modificar localmente el índice de refracción; los láseres de femtosegundo de alta potencia pico pueden usarse en el caso de que el material procesado de guía de ondas no sea suficientemente fotosensible. Por ejemplo, los patrones periódicos pueden inscribirse dentro de un núcleo de fibra exponiéndolo a un patrón de interferencia intenso usando un interferómetro o una máscara de fase. Las estructuras de dispersión aperiódicas podrían  
25 escribirse directamente dentro del núcleo de fibra usando la respuesta no lineal de la matriz de vidrio (material de fibra óptica preferido) a la luz láser intensa. La resistencia de una estructura puede, por ejemplo, estar en el intervalo  $\Delta n = 10^{-7}$  a  $\Delta n = 10^{-2}$  (amplitud de cambio en el índice de refracción). La resistencia puede ser mayor donde la estructura se haya fundido. El período de una estructura de dispersión (por ejemplo, período de rejilla) puede seleccionarse aleatoriamente, por ejemplo, desde el intervalo de 100 nm a 2 micrómetros (de acuerdo con la longitud  
30 de onda de la luz primaria).

Volviendo ahora a las **figuras 1a-1b**, estas son unas vistas laterales en sección de un aparato de guía de ondas de acuerdo con una realización, que muestra diversos tipos de estructuras de dispersión formadas en el mismo. Una luz primaria 111, producida por una fuente de luz primaria 116 (también conocida como fuente de luz de excitación, por  
35 las razones que se dan a continuación), en este ejemplo se acopla a (por ejemplo, una superficie final de) y se guía por una guía de ondas. Na alternativa en este caso, se genera la luz primaria dentro de la guía de ondas, por ejemplo usando una estructura láser de fibra que se forma a lo largo de la guía de ondas (por ejemplo, excitando una región dopada de una fibra agujereada llena de tinte). La guía de ondas puede estar compuesta por un núcleo 100 cubierto con un revestimiento 101. El medio central está en contacto con el medio de revestimiento, y estos están  
40 diseñados de tal manera que la luz primaria (representada por  $\lambda_p$  en las figuras) pueden propagarse en el núcleo en la dirección mostrada y a lo largo del eje longitudinal de la guía de ondas. En este caso, la propagación es a través de la reflexión interna total. En un ejemplo, la guía de ondas es una fibra óptica, por ejemplo fibra multimodo de un solo núcleo de un solo revestimiento fabricada de vidrio flexible, aunque son posibles otros tipos de guías de ondas cilíndricas como fibra de cristal fotónico, fibra de microestructura, fibra agujereada, fibra de múltiples revestimientos y  
45 un tubo de luz que tiene un medio central pero no una capa de revestimiento, por ejemplo una varilla transparente cuya superficie periférica puede cubrirse con una capa de espejo, excepto para una localización remota donde la luz primaria debe redirigirse hacia fuera, una varilla transparente sin una capa de revestimiento y cuya superficie periférica está expuesta al aire de tal manera que el aire actúe como un revestimiento para propagar la luz primaria. Obsérvese que en algunos tipos de guía de ondas cilíndrica, tal como la fibra de microestructura, la luz primaria se propaga a lo largo de la guía de ondas por un efecto de salto de banda debido a la naturaleza periódica de la fibra de  
50 microestructura que prohíbe la propagación en direcciones distintas a la guía de ondas.

La guía de ondas tiene una o más estructuras de dispersión formadas en la misma como se muestra, que sirven para redirigir la luz primaria de propagación o incidente fuera de una superficie lateral de la guía de ondas. En otras  
55 palabras, la luz primaria se redirige a un ángulo deseado distinto de cero (por ejemplo, transversal o aproximadamente de 90 grados) con respecto al eje de propagación longitudinal u óptico de la guía de ondas. Las estructuras de dispersión pueden ser regiones de confinamiento que producen una resonancia de la luz primaria incidente, en un plano transversal (lo que resulta en una luz primaria redirigida o dispersada que es coherente y que puede mostrar un pequeño cambio de longitud de onda en relación con la luz primaria incidente). Las estructuras de  
60 dispersión pueden ser estructuras inducidas por láser; estas pueden formarse a través de la aplicación de una luz láser exterior de alta energía a localizaciones seleccionadas en la guía de ondas, como se muestra. La localización, la forma, el tamaño, la fuerza de dispersión, la inclinación o la orientación y la periodicidad de las estructuras de dispersión, a lo largo y a través (transversal a) de la dirección de propagación de luz primaria (eje longitudinal) en la guía de ondas pueden seleccionarse adaptando el enfoque, la intensidad y la posición del haz láser de  
65 procesamiento exterior. La direccionalidad de la luz primaria redirigida (su ángulo radial alrededor del eje longitudinal de la guía de ondas y su extensión radial) puede ser principalmente una función de la inclinación y el período de las

estructuras de dispersión, aunque puede ser necesario considerar y equilibrar parámetros adicionales en su conjunto, para obtener el patrón de radiación deseado de luz primaria redirigida.

5 Por ejemplo, la **figura 1a** muestra un conjunto de estructuras de dispersión aperiódicas 105, 106, 107. Estas pueden ser microdifusores que están completamente dentro del núcleo 100 (estructuras 105), en solo una parte de la interfaz que une el núcleo 100 y el revestimiento 101 (estructuras 106), y/o cruzando todo el núcleo y el revestimiento (estructuras 107). Puede usarse cualquier combinación adecuada de tales estructuras 105-107 para definir una zona de dispersión; por ejemplo, la zona de dispersión puede estar constituida completamente por un solo tipo de estructura de dispersión, por ejemplo solo la estructura dentro del núcleo 105. **figura 1b** muestra un conjunto de estructuras de dispersión periódicas 108, 109, 110, tales como micro reflectores o rejillas inclinadas. Estas también pueden formarse completamente dentro del núcleo 100 (estructuras 108), en solo una parte de la interfaz que une el núcleo 100 y el revestimiento 101 (estructuras 109), y/o cruzando toda la interfaz (estructuras 110). Cualquier combinación adecuada de tales estructuras 108-110 puede usarse para definir una zona de dispersión; por ejemplo, la zona de dispersión puede estar constituida completamente por un solo tipo de estructura de dispersión, por ejemplo solo una estructura de cruce de interfaz completa 110. En general, puede usarse cualquier combinación y/o variación adecuada de una o más de las estructuras de dispersión 105-110 que produce el patrón de radiación deseado para la luz primaria redirigida,  $\lambda_p$ . La longitud de una zona de dispersión (que contiene una o más estructuras de dispersión) puede ser igual o menor que la longitud de la capa fotoluminiscente 103 o del segmento de capa fotoluminiscente asociado con la zona. Como alternativa, la zona de dispersión puede extenderse más allá de la capa fotoluminiscente 103 o del segmento de capa fotoluminiscente.

Haciendo referencia aún a las **figuras 1a-1b**, el aparato de guía de ondas tiene una capa fotoluminiscente (medio) 103 que se localiza con el fin de absorber parcial o completamente la luz primaria redirigida  $\lambda_p$  para emitir de este modo la luz secundaria 112 ( $\lambda_s$ ) de acuerdo con un proceso de fotoluminiscencia. Esto también se conoce como luz convertida de longitud de onda. La combinación resultante de esta luz secundaria 112 y cualquier luz primaria no absorbida ( $\lambda_p$ ,  $\lambda_s$ ) es la luz de iluminación deseada 113. Un sistema de iluminación de este tipo puede proporcionar ventajas especiales en el área de los sistemas de iluminación distribuidos basados en guías de ondas cilíndricas, que incluyen eficacia energética mejorada, escalabilidad y salida de luz homogénea.

30 La capa fotoluminiscente 103 puede estar fabricada de una mezcla de silicona (por ejemplo, como parte de un adhesivo ópticamente transparente tal como polidimetilsiloxano, PDMS) u otro material adecuado tal como epoxi, junto con un fósforo. La concentración del fósforo y el tamaño de las partículas de fósforo pueden seleccionarse para modificar o controlar la temperatura del color y la eficacia luminosa del sistema de iluminación. Obsérvese que el "fósforo" como se usa en el presente documento se refiere a cualquier material que muestre una luminiscencia, por ejemplo materiales fosforescentes, materiales fluorescentes. La capa 103 puede estar compuesta de una o más capas de diferentes composiciones. Por ejemplo, puede haber una o más capas intermedias sin fósforo intercaladas por las capas de fósforo.

40 Puede añadirse una capa de protección 114, en este caso en contacto con la superficie lateral exterior de la capa fotoluminiscente 103, para cubrir esta última con fines de protección física y/o reducción del índice de la etapa de refracción entre la capa 103 y el medio exterior, es decir externo al aparato de guía de ondas. Véase la **figura 3a**. La capa de protección 114 también puede contener o simplemente ser un revestimiento antirreflectante, que sirve para reducir o minimizar cualquier reflejo de la luz secundaria  $\lambda_s$  fuera de su superficie posterior o trasera.

45 La **figura 1c** es una gráfica de un espectro de ejemplo de la luz de iluminación 113 proporcionada por el aparato de guía de ondas. Como se ve en este caso, la luz de iluminación 113 tiene el espectro  $I(\lambda_p; \lambda_s)$ , donde el ancho de banda, por ejemplo la anchura a media altura (FWHM), de la luz secundaria se proporciona como  $\Delta\lambda_s$  y la de la luz primaria es  $\Delta\lambda_p$ . En la mayoría de los casos,  $\Delta\lambda_s$  será aproximadamente igual o mayor que  $\Delta\lambda_p$ ,  $\lambda_p$  será más corta que  $\lambda_s$ , es decir tiene mayor energía fotónica, y  $\lambda_s$  estará predominantemente en la parte visible del espectro. En este ejemplo, la luz primaria proviene de una sola fuente de longitud de onda y está centrada entre 440-490 nm, es decir, azul, con un ancho de banda de entre unas pocas décimas de picómetros (longitud de onda casi individual, como puede obtenerse por un diodo láser), a unas pocas decenas de nanómetros (LED, o incluso un diodo de superluminiscencia que puede ser más ancho que 100 nm). Otras opciones deseables para la longitud de onda de la luz primaria incluyen ultravioleta (300-400 nm) y violeta (400-440 nm). Sin embargo, en términos más generales, los parámetros de ancho de banda y longitud de onda podrían ser diferentes a los anteriores, por ejemplo la luz primaria puede ser verde, roja o incluso estar parcialmente en la parte no visible del espectro, por ejemplo el infrarrojo cercano.

60 En cuanto a la luz secundaria, la **figura 1c** muestra  $\lambda_s$  centrada a unos 550 nm. Esto es típico de las emisiones de muchos tipos populares de material de capa de fósforo, por ejemplo Ce: YAG. Para la luz blanca, un ancho de banda deseado de la luz de iluminación 113 está entre 380-740 nm. Puede haber algún contenido invisible generado por el proceso de fotoluminiscencia y, por lo tanto, en la práctica, el ancho de banda de la luz de iluminación podría ser mayor de 380-740 nm.

65 La capa fotoluminiscente 103 puede estar localizada fuera de la guía de ondas como se muestra en la **figura 1a**. La capa 103 puede depositarse directamente sobre la superficie lateral exterior de la guía de ondas, para formar un

dispositivo integral o único con la guía de ondas, véase la **figura 3a** para un ejemplo.

Como alternativa, puede proporcionarse una capa intermedia 102 entre la capa fotoluminiscente 103 y la guía de ondas; puede servir para adaptar de otro modo una etapa en la diferencia de índice de refracción, entre la guía de ondas y la capa fotoluminiscente 103, para permitir un acoplamiento exterior más eficaz de la luz primaria redirigida (menos reflexión), y puede fabricarse de una o más subcapas de vidrio, silicona, otro material adecuado ópticamente transparente. También puede incluir o ser un recubrimiento antirreflectante que ayuda a mejorar la eficacia de transmisión de luz del sistema de iluminación en su conjunto, al redirigir cualquier luz secundaria reflejada  $\lambda_s$ , es decir una luz secundaria que se haya reflejado por la capa fotoluminiscente 103 de la cara trasera. La capa 102 también puede usarse para unir la capa fotoluminiscente 103, que puede ser una pieza óptica separada, a la guía de ondas, por ejemplo como una capa adhesiva ópticamente transparente. La capa intermedia 102 puede tener un espesor similar al de la capa fotoluminiscente 103, pero en algunos casos puede ser mucho más delgada, como en el caso donde sea simplemente un recubrimiento o filtro antirreflectante.

En otra realización, se forma un entrehierro entre la superficie lateral exterior de la guía de ondas (en el presente documento, la superficie lateral exterior de la capa de revestimiento 101) y la capa fotoluminiscente 103, a través de la que pasa la luz primaria redirigida  $\lambda_p$  antes de golpear la capa fotoluminiscente 103.

Para reducir la reflexión parásita en la interfaz entre la guía de ondas y la capa fotoluminiscente 103, la forma de la capa fotoluminiscente 103 puede ajustarse al patrón de radiación de la luz primaria redirigida de tal manera que la luz primaria sea incidente transversalmente sobre la capa 103. En una realización, la capa 103 se ajusta a la guía de ondas de tal manera que sigue o se ajusta, o tiene la misma forma que, la superficie lateral exterior de la guía de ondas. Por ejemplo, en el caso de una fibra óptica, la capa 103 podría tener una forma cilíndrica y también puede estar colocada para ser concéntrica a la fibra óptica, véase la **figura 3a**. Son posibles alternativas, por ejemplo, como se describe a continuación en relación con la **figura 5b** y la **figura 5d**. En general, la capa fotoluminiscente 103 no necesita cubrir completamente la región a lo largo del eje longitudinal de la guía de ondas que dispersa la luz primaria, es decir parte de la luz primaria dispersada podría desviarse de la capa fotoluminiscente 103 y aún contribuir a la iluminación deseada. La longitud de la capa fotoluminiscente 103 o del segmento de capa fotoluminiscente puede ser igual o mayor que su zona de dispersión asociada, y también puede depender del ángulo de la luz primaria redirigida incidente.

La luz primaria golpea la capa fotoluminiscente 103 en un ángulo que puede definirse o fijarse por la forma de la estructura de dispersión que la ha redirigido; Esto puede diseñarse para lograr la conversión deseada por el proceso de fotoluminiscencia. En particular, la eficacia de dispersión, la distribución y la direccionalidad de la luz primaria radiada están dadas por una combinación de ciertas características de la luz primaria guiada (por ejemplo, su longitud de onda, estado de polarización, distribución modal) y ciertos parámetros de las estructuras de dispersión (por ejemplo, su magnitud, forma y periodicidad a lo largo/a través del eje de propagación). **figuras 2a-2c** son vistas en sección de patrones de radiación de ejemplo para la luz primaria redirigida, que muestran tres combinaciones posibles de fibra y parámetros de estructura de dispersión que proporcionan tres distribuciones de dispersión diferentes para la luz primaria de alta energía. El patrón de radiación se extiende a lo largo del eje longitudinal (dirección z), de acuerdo con la longitud de la zona de dispersión.

En la **figura 2a**, se ha procesado un único microdifusor dentro del núcleo 100 de la guía de ondas. La luz primaria 111 se lanza al núcleo 100 en, por ejemplo, un estado lineal de polarización a cero grados, en la dirección del eje z positivo (en el papel), y se muestra la distribución de luz dispersa resultante. En este caso, hay dos lóbulos de radiación opuestos entre sí, cada uno formando un gran cono de dispersión que tiene una extensión radial  $\alpha$ . En contraste, la **figura 2b** muestra un patrón que puede producirse mediante, por ejemplo una rejilla inclinada formada dentro del núcleo 100. En el presente documento, la longitud de onda de luz primaria se elige para estar en un borde de la banda de longitud de onda de dispersión de la rejilla inclinada (dispersión parcialmente coherente). La distribución de luz dispersa, en este caso, presenta también dos lóbulos principales juntos que forman un cono de ángulo de dispersión de tamaño mediano  $a$ . Finalmente en la **figura 2c**, la rejilla inclinada se ha diseñado de tal manera que la longitud de onda de luz primaria esté en una localización de la banda de longitud de onda de dispersión de la rejilla inclinada donde haya una dispersión máxima (dispersión coherente). La distribución de luz dispersa resultante tiene un solo lóbulo principal cuyo ángulo  $a$  es más pequeño que en la **figura 2a**. Para muchas aplicaciones, las estructuras de dispersión deberían diseñarse para producir un patrón de radiación, para la luz primaria redirigida, que consista en un solo lóbulo (similar a la **figura 2c**) de hasta 180 grados de cobertura radial o extensión.

Obsérvese que, en términos generales, una estructura de dispersión es dispersiva ya que diferentes bandas de frecuencia o color se dispersarán en diferentes ángulos. Sin embargo, en la mayoría de los ejemplos, el ancho de banda de dispersión será mucho más amplio que el ancho de banda relativamente estrecho de la luz primaria contemplada en este caso.

La **figura 3a** es una vista final en sección (en el plano azimutal) de un aparato de guía de ondas cilíndrica de ejemplo. La **figura 3b** es una vista final en sección del ejemplo de aparato de guía de ondas de la **figura 3a** superpuesto haciendo referencias al comportamiento de la luz primaria y secundaria. Este es también un ejemplo de

cómo podría verse una versión "completamente integrada" del aparato de guía de ondas, donde los elementos del aparato se han combinado con la propia guía de ondas para formar en esencia un solo dispositivo. El aparato de guía de ondas incluye un conjunto de estructuras de dispersión inducidas por láser que pueden ser cualquier combinación de las estructuras de dispersión 105-110 descritas anteriormente, formadas en este caso completamente dentro del núcleo 100 de la fibra óptica. El núcleo 100 está rodeado por un revestimiento 101, que permite que la luz primaria se propague a lo largo de la fibra. La capa fotoluminiscente 103 en este caso puede haberse formado, por ejemplo depositada, pulverizada o evaporada para estar en contacto con la superficie exterior del revestimiento 101, y se extiende para cubrir al menos la extensión de dispersión azimutal  $a$  de la luz primaria, como se muestra. Como alternativa, la fibra puede embeberse en el medio fotoluminiscente, véase la **figura 5c** descrita a continuación.

En este ejemplo, también se ha formado un reflector 104, por ejemplo depositado, pulverizado o evaporado en contacto con la capa intermedia 102, colocada detrás de la capa fotoluminiscente 103, y también en este caso detrás de la propia fibra. En este caso, el reflector 104 es una capa que es concéntrica con la fibra. El reflector 104 puede ser una capa de un polímero altamente reflectante, *por ejemplo* poliftalámid, o una capa de aluminio. Puede ser un recubrimiento de capa dieléctrica en la fibra, por ejemplo puede depositarse sobre la capa intermedia 102. Como alternativa, el reflector 104 puede colocarse separado de la fibra, como parte de una pieza separada.

Como se ha visto en la **figura 3b**, la luz primaria se dispersa parcialmente fuera del núcleo de fibra 100 por las estructuras de dispersión 105-110, a lo largo de un ángulo definido  $a$ . A continuación, la luz primaria se absorbe por la capa fotoluminiscente 103, y se reemite sobre un espectro de luz más amplio. A continuación, la luz primaria que no se absorbe directamente por la capa fotoluminiscente ilumina una zona fuera de la fibra (1). La luz secundaria también puede iluminar directamente fuera de la fibra (2), o puede hacerlo indirectamente, por reflexión desde el reflector inferior (3), o por guiado parcial (4) dentro de la capa fotoluminiscente 103 y a continuación fuera del reflector 104. Un papel de la capa intermedia 102 puede ser adaptar la diferencia de índice de refracción entre el material de revestimiento de fibra y la capa fotoluminiscente 103. Un papel de la capa de protección 114 es facilitar la integración del aparato de guía de ondas en el sistema de iluminación reduciendo el índice de diferencia de refracción entre la capa fotoluminiscente 103 y el índice de refracción del aparato exterior a la guía de ondas. La capa de protección 114 y la capa intermedia 102 pueden o no ser necesarias, como parte del aparato de guía de ondas, en función de las demandas de integración.

Volviendo ahora a la **figura 4**, esta es una vista en perspectiva de un aparato de guía de ondas cilíndrica de ejemplo para acoplarse a múltiples fuentes de luz primaria de diferente longitud de onda. En esta realización, el aparato tiene una capa fotoluminiscente 103 cuya extensión longitudinal es no continua o no uniforme, y está compuesta por tres segmentos 103a, 103b y 103c. Además, múltiples (diferentes) fuentes de luz primaria de longitud de onda, en este ejemplo, tres fuentes de longitud de onda única de diferentes colores  $\lambda_{p1}$ ,  $\lambda_{p2}$ ,  $\lambda_{p3}$ , se acoplan con y se guían por el núcleo 100 de la guía de ondas cilíndrica. Un conjunto separado de una o más estructuras de dispersión 105-110 está diseñado para responder a cada longitud de onda de luz primaria respectiva, o a un conjunto de dos o más longitudes de onda de luz primaria. Además, cada uno de los segmentos fotoluminiscentes 103a-103c puede diseñarse para responder a una longitud de onda de luz primaria respectiva, o a un conjunto de dos o más longitudes de onda de luz primaria. Obsérvese que, en general, este concepto puede extenderse a dos o más fuentes de luz primarias en diferentes longitudes de onda.

En la **figura 4**, se proporciona un conjunto separado de estructuras de dispersión 105-110 para dispersar la luz primaria de longitud de onda  $\lambda_{p1}$  hacia el segmento 103a, de tal manera que una banda ancha de longitud de onda de luz de iluminación 113a, que contiene  $\lambda_{p1}$  y la luz secundaria asociada  $\lambda_{s1}$ , se emite como resultado. Del mismo modo, un conjunto separado de estructuras de dispersión 105-110 (no mostrado) dispersa la luz primaria de la longitud de onda  $\lambda_{p2}$  hacia el segmento 103b, mientras que otro conjunto adicional de estructuras de dispersión 105-110 (no mostrado) dispersa la luz primaria de longitud de onda  $\lambda_{p3}$  hacia el segmento 103c. Por lo tanto, como resultado, se emiten tres bandas de luz de iluminación de longitud de onda amplia 113a, 113b, 113c. Esta realización puede mejorar el CRI y/o extender el espectro general de la luz de iluminación, donde  $\lambda_{p1}$ ,  $\lambda_{p2}$ ,  $\lambda_{p3}$  se producen por fuentes de luz primaria roja, verde y azul, respectivamente. Debería observarse que en algunos casos, uno o más de los segmentos de capa fotoluminiscentes 103a-103c pueden seleccionarse para estar ausentes, de tal manera que en esta región del aparato de guía de ondas, la luz primaria redirigida ilumina directamente una región deseada fuera del aparato de guía de ondas, sin ninguna interacción con un medio fotoluminiscente. Por ejemplo, un segmento cubierto de fósforo del aparato de guía de ondas puede producir luz blanca, mientras que un segmento "transparente" (separado longitudinalmente a lo largo de la guía de ondas) produce luz azul (debido a que la luz primaria redirigida no está interactuando con un medio de fósforo en ese segmento). Esto puede usarse para sintonizar el CRI o la temperatura de color de la luz de iluminación, mezclando juntos fuera del aparato de guía de ondas tanto la luz secundaria como cualquier luz primaria deseada. La temperatura del color también puede sintonizarse ajustando la intensidad de una cualquiera de las fuentes de luz primarias en relación con las demás.

Debería observarse que mientras la **figura 4** representa una capa fotoluminiscente de segmentos múltiples 103a-103c que se excita por la luz primaria que tiene múltiples longitudes de onda discretas  $\lambda_{p1}$ ,  $\lambda_{p2}$ ,  $\lambda_{p3}$ , este enfoque multisegmento también puede ser útil para sintonizar la luz de iluminación resultante ( $\lambda_p$ ,  $\lambda_s$ ) en el caso donde la luz primaria sea de una sola longitud de onda.

La eficacia de conversión general del proceso de generación de luz de iluminación descrito en el presente documento puede depender de varios factores, incluyendo la eficacia electroóptica de la fuente de luz primaria, la eficacia de conversión de Stokes, la eficacia cuántica de la capa de fotoluminiscencia y la eficacia de "paquete". El paquete incluye la geometría del aparato de guía de ondas en su conjunto, y las distintas interfaces de materiales involucradas a lo largo del camino recorrido por la luz, desde su "estado de alta energía" al lanzarse por la fuente de luz primaria, hasta su "estado convertido de longitud de onda" al reemitirse por la capa fotoluminiscente.

Haciendo referencia ahora a las **figuras 5a-5f**, estas son unas vistas finales en sección de un aparato de guía de ondas cilíndrica de ejemplo, con diferentes combinaciones de capa fotoluminiscente 103 y reflector 104. En todas estas figuras, se dice que el reflector 104 está detrás de la guía de ondas (compuesta por el núcleo 100 y el revestimiento 101), mientras que se dice que la capa fotoluminiscente 103 está frente a la guía de ondas. En la **figura 5a** y la **figura 5b**, el reflector 104 tiene una superficie curva interior lisa que se orienta hacia la parte trasera de la guía de ondas y tiene un radio mayor que la guía de ondas. En la **figura 5a**, una superficie interior de la capa fotoluminiscente 103 está completamente en contacto con la superficie exterior de la guía de ondas, mientras que su superficie exterior también se adapta en general a la superficie exterior de la guía de ondas. En el presente documento, la capa 103 puede tener un espesor de unos pocos micrómetros a unos pocos milímetros. En contraste, en la **figura 5b**, la superficie interior de la capa 103 no está en contacto con la superficie exterior de guía de ondas, y su superficie exterior no se adapta a la superficie exterior de la guía de ondas. En la **figura 5c**, la guía de ondas está embebida en lo que parece ser un grupo de la capa/medio fotoluminiscente 103 transportado por las paredes inferiores y laterales del reflector 104, donde esencialmente la totalidad de la superficie exterior de la guía de ondas está en contacto con la capa 103. El reflector 104 en este caso puede verse como un recipiente en el que está contenida la capa/medio 103, debido a que la superficie interior del reflector 104 está en contacto con la superficie exterior de la capa 103 todo alrededor de la parte inferior de la capa 103. En las **figuras 5d-5f**, el reflector 104 también define un recipiente que transporta la guía de ondas, y puede haber un entrehierro entre la guía de ondas y la capa fotoluminiscente 103. En la **figura 5d**, la capa 103 está unida y se adapta a la forma de una capa de protección 114 localizada frente a la capa 103; juntos, estos dos forman un arco que puede verse como descansando en las paredes laterales del reflector 104. En la **figura 5e** y en la **figura 5f**, la capa 103 es plana en lugar de curva, y cierra la parte superior del reflector 104 en forma de zanja; en la **figura 5**, la capa 103 está formada en la superficie posterior de una lámina de guía de luz 115.

Son posibles otras combinaciones de la guía de ondas, la capa/medio fotoluminiscente 103 y el reflector 104. Por ejemplo, el medio fotoluminiscente 103 puede ser una capa curva, por ejemplo, una capa cilíndrica, formada en la superficie exterior de una pieza óptica cilíndrica, donde esta última rodea una guía de ondas rectangular (con una estructura de dispersión tal como una rejilla inclinada formada dentro de la guía de ondas rectangular).

Las **figuras 6a-6c** son unas vistas laterales en sección de un aparato de guía de ondas de ejemplo, que muestra diversos espacios que pueden ser posibles entre una estructura de dispersión 105-110 y su capa fotoluminiscente asociada 103. Como anteriormente, la fuente de luz primaria 116 produce luz primaria 111 que se acopla al núcleo 100 de una guía de ondas cilíndrica que tiene un revestimiento 101. La luz primaria se propaga a lo largo y dentro de la guía de ondas hasta que se redirige por la estructura de dispersión 105-110. En **figura 6a**, esta redirección es de aproximadamente 90 grados con respecto al eje longitudinal o de propagación de la guía de ondas, o la luz primaria redirigida es transversal al eje longitudinal o de propagación. Además, la capa fotoluminiscente 103 se coloca directamente encima de la estructura de dispersión, con el fin de presentar una superficie activa que se orienta preferentemente a aproximadamente 90 grados con respecto a la luz redirigida. En contraste, en la **figura 6b**, la estructura de dispersión es de tal manera que la luz primaria redirigida se dispersa hacia delante, y dentro del revestimiento 101 (en lugar de transversal al eje de propagación), y también se separa longitudinalmente hacia atrás desde la capa 103 (en lugar de estar directamente debajo de la capa 103). Para lograr dicha dispersión hacia delante, puede aumentarse la periodicidad de las estructuras de dispersión por encima de 1 micrón y de acuerdo con la longitud de onda de la luz primaria. En otra variación de dicho "desplazamiento" entre la zona de dispersión y su segmento fotoluminiscente asociado (capa 103), mostrada en la **figura 6c**, la luz primaria redirigida se dispersa hacia atrás y dentro del revestimiento 101, y la estructura de dispersión se separa longitudinalmente hacia delante desde la capa 103. Las dos últimas disposiciones pueden ser menos eficaces en la producción de la luz de iluminación 113 que la disposición de la **figura 6a**. Sin embargo, puede ser necesario cumplir con los requisitos específicos de integración o empaquetamiento, aunque a un coste de menor eficacia energética en la producción de la luz de iluminación. La separación longitudinal entre los bordes adyacentes de una estructura de dispersión y su capa asociada 103 puede estar en el intervalo de unos pocos micrómetros o más.

Volviendo ahora a la **figura 7**, se muestra un diagrama de una aplicación de retroiluminación del aparato de guía de ondas. El sistema de retroiluminación en este ejemplo tiene un apilamiento de la siguiente manera: una matriz de elementos de visualización 305 (por ejemplo, una matriz de filtros de color como en un panel de pantalla de cristal líquido, LCD) cuya parte trasera está orientada hacia una o más láminas de prisma 301, seguida de una lámina de difusor 302 y una lámina de guía de luz 303, por ejemplo una placa posterior. Detrás de la lámina de guía de luz 303 hay una lámina de reflector 304, que sirve para reflejar cualquier luz de iluminación ( $\lambda_p$ ;  $\lambda_s$ ) hacia la matriz de elementos de visualización 305. La luz de iluminación ( $\lambda_p$ ;  $\lambda_s$ ) puede producirse como un cono, por ejemplo de menos de 180 grados, por un aparato de guía de ondas cilíndrica (al que se hace referencia en el presente

documento como la combinación de los elementos 100-110 descritos anteriormente de acuerdo con una de las realizaciones), que se irradia fuera de la superficie lateral exterior de la guía de ondas y se inyecta dentro de una superficie lateral de la lámina de guía de luz 303 como se muestra. La lámina de guía de luz 303 dirige a continuación la luz de iluminación inyectada hacia arriba y la extiende sobre y a través de la cara trasera de la matriz de elementos de visualización 305. Obsérvese que son posibles otros sistemas de retroiluminación, incluidos los que no tienen una matriz de elementos de visualización, por ejemplo un sistema sencillo de iluminación de bordes.

La **figura 8** muestra otro sistema de visualización en el que la luz de iluminación de retroiluminación ( $\lambda_p$ ;  $\lambda_s$ ) se produce dentro del apilamiento de un sistema de retroiluminación, en lugar de producirse fuera (por un aparato de guía de ondas) y a continuación se inyecta en una superficie lateral del apilamiento. El aparato de guía de ondas en este caso puede ser una fibra óptica similar a la representada en la **figura 3a**, excepto que el medio fotoluminiscente 103 está ausente. El aparato de guía de ondas en este caso puede contener solo los siguientes elementos de guía de ondas cilíndrica: un núcleo 100, un revestimiento 101, zona de dispersión que contiene una combinación de una o más estructuras seleccionadas del grupo que consiste en las estructuras 105-110 y un reflector 104 (siendo la capa intermedia 102 y la capa de protección 114 opcionales). La luz primaria redirigida  $\lambda_p$  (que también puede tener un patrón de radiación alargado en forma de cono de menos de 180 grados, similar a los representados en las **figuras 2a-2c**) emerge de una guía de ondas alargada de dispersión lateral y a continuación se inyecta en la superficie lateral exterior de una lámina de guía de luz especial 306. Esta última tiene una cara superior exterior que se ha recubierto con una capa del material fotoluminiscente (mostrada en la **figura 8** como sombreado). La lámina de guía de luz especial 306 dirige a continuación la luz primaria inyectada hacia arriba y la extiende sobre y a través de la cara posterior de la capa del material fotoluminiscente, que a su vez emite la luz secundaria  $\lambda_s$ . Esta última junto con cualquier no absorbida  $\lambda_p$  proporciona la luz de iluminación deseada que incide en la cara posterior de la matriz de elementos de visualización 305.

Un proceso para fabricar el aparato de guía de ondas puede ser el siguiente. A menos que se requiera específicamente, las operaciones en este caso no tienen que ser de ningún orden en particular. Se forma una región de estructuras de dispersión de luz dentro de una guía de ondas que se extiende a lo largo de un eje longitudinal de la guía de ondas. La región de las estructuras de dispersión está adaptada para redirigir una luz primaria, que se propagará en la guía de ondas a lo largo del eje longitudinal, fuera de una superficie lateral exterior de la guía de ondas. Se forma un medio de material fotoluminiscente que se coloca fuera de la guía de ondas para absorber la luz primaria redirigida y, por lo tanto, emitir luz secundaria.

La formación de la región de las estructuras de dispersión de luz puede incluir el procesamiento por láser de la guía de ondas, para crear la región de las estructuras de dispersión de luz en la misma. El procesamiento por láser puede tener lugar antes de formar el medio fotoluminiscente. El procesamiento por láser puede incluir cambiar la intensidad y la posición de enfoque de un haz láser de procesamiento, que se dirige a la guía de ondas, para establecer uno o más de los siguientes parámetros de las estructuras de dispersión de luz: localización, forma, tamaño, orientación o inclinación y periodicidad. De este modo, el procesamiento por láser puede adaptarse para producir las estructuras de dispersión deseadas, que tienen una fuerza de dispersión y direccionalidad específicas. Por ejemplo, las estructuras de dispersión dentro de una región dada pueden escribirse de tal manera que la fuerza de dispersión de la región sea menor en un punto proximal que en un punto distal a lo largo del eje longitudinal de la guía de ondas; esto puede ayudar a mejorar la uniformidad de la intensidad de la luz blanca a lo largo de la guía de ondas, compensando las pérdidas inevitables en la luz primaria a medida que se propaga a través de la región de dispersión.

El medio del material fotoluminiscente puede ajustarse a la superficie lateral exterior de la guía de ondas. Por ejemplo, la formación del medio del material fotoluminiscente puede incluir la creación de una capa del material fotoluminiscente en la superficie lateral de la guía de ondas. Puede formarse una capa intermedia en la superficie lateral de la guía de ondas, antes de que se forme la capa del material fotoluminiscente (en la superficie lateral exterior de la capa intermedia). El proceso puede usar una mezcla de silicón y fósforo para formar la capa fotoluminiscente en una fibra óptica; la mezcla puede prepararse en una operación separada y a continuación dispensarse (o dispensarse térmicamente, pulverizarse o evaporarse) sobre la fibra fabricada anteriormente. Como alternativa, la mezcla de silicón y fósforo puede prepararse directamente en la superficie lateral exterior de la fibra. Por ejemplo, la silicón puede dispensarse sobre la fibra y a continuación puede pulverizarse el fósforo en la misma. A continuación, podría ser necesaria una operación de recocido térmico para la polimerización. Puede fabricarse una membrana o película de la mezcla en una operación separada y a continuación depositarla o unirla a la fibra para un mejor control del espesor de la capa.

Una alternativa es al menos en parte (por ejemplo, completamente) embeber la guía de ondas en un grupo del medio fotoluminiscente.

La capa intermedia formada entre la guía de ondas y el medio del material fotoluminiscente puede adaptarse para aumentar la eficacia del acoplamiento exterior de la luz primaria redirigida, por ejemplo teniendo múltiples capas del material pasante de luz con un índice de las refracciones elegido para adaptar de otro modo la etapa al índice de refracción entre el medio fotoluminiscente y la guía de ondas.

5 El proceso también puede incluir la formación de un reflector detrás de la guía de ondas y que orienta el medio del material fotoluminiscente (que en ese caso se considera que está frente a la guía de ondas). El reflector puede ser en forma de V o curvado, por ejemplo en forma de U. El reflector puede incluir una capa reflectante que se adapta a la superficie lateral exterior de la guía de ondas y está diseñado para reflejar tanto la luz primaria como la secundaria hacia el medio fotoluminiscente.

10 Si bien ciertas realizaciones se han descrito y mostrado en los dibujos adjuntos, debe entenderse que tales realizaciones son simplemente ilustrativas y no restrictivas de la invención amplia, y que la invención no se limita a las construcciones y disposiciones específicas mostradas y descritas, ya que pueden producirse otras modificaciones de los expertos en la materia. Por ejemplo, aunque las figuras muestran que la capa fotoluminiscente 103 que está fuera del revestimiento 101 de la guía de ondas y, por lo tanto, no está en contacto con el núcleo 100, una alternativa menos deseable es eliminar química o mecánicamente alguna parte del revestimiento 101 para crear en efecto una zanja que exponga el núcleo 100, y a continuación llene la zanja con el material fotoluminiscente. Por lo tanto, la descripción debe considerarse como ilustrativa en lugar de limitante.

15

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato de guía de ondas para un sistema de iluminación, que comprende:

5 una guía de ondas (100, 101) que es una fibra multimodo, en el que un medio central (100) está en contacto con un medio de revestimiento (101) y en el que la luz primaria (111) se propaga a lo largo de su eje longitudinal, habiendo formado la guía de ondas (100, 101) en la misma una primera zona (105; 108), siendo una modificación inducida por láser de al menos el medio central (100) que se extiende a lo largo del eje longitudinal y que es para dispersar la luz primaria de propagación (111) fuera de la guía de ondas (100, 101) en un patrón de radiación direccional que tiene una extensión radial predeterminada de menos de 360 grados en una posición radial deseada, en la que la primera zona de estructuras de dispersión es una modificación inducida por láser de la fibra multimodo que varía a lo largo y transversal a la dirección de propagación de luz primaria y está adaptada para redirigir la luz primaria de propagación fuera de una superficie lateral de la fibra multimodo en una posición deseada a lo largo del eje longitudinal con un patrón de radiación direccional deseado en la posición radial deseada, y en la que dicha zona de dispersión incluye unos conjuntos separados de estructuras de dispersión configuradas para dispersar diferentes intervalos de longitud de onda de la luz primaria; y un medio fotoluminiscente (103) que se extiende a lo largo del eje longitudinal de la guía de ondas (100, 101), y está colocado para absorber la luz primaria dispersada (111) para emitir de este modo una luz secundaria convertida de longitud de onda (112), proporcionando el medio fotoluminiscente cuya extensión longitudinal es no continua o no uniforme unos segmentos fotoluminiscentes, estando cada uno de los segmentos fotoluminiscentes diseñado para responder a una longitud de onda de luz primaria respectiva.

2. El aparato de la reivindicación 1, en el que el medio fotoluminiscente (103) se ajusta o tiene la misma forma que una superficie lateral de la guía de ondas (100, 101).

3. El aparato de la reivindicación 1 o 2, que comprende además un medio intermedio (102) entre una superficie lateral exterior de la guía de ondas (100, 101) y el medio fotoluminiscente (103), y un entrehierro formado entre la superficie lateral exterior de la guía de ondas (100, 101) y el medio fotoluminiscente (103).

4. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además un reflector alargado (104) que se extiende a lo largo del eje longitudinal fuera y detrás de la guía de ondas (100, 101), y se orienta hacia el medio fotoluminiscente (103) que se localiza frente a la guía de ondas (100, 101).

5. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además una fuente de luz (116) para producir la luz primaria (111), en el que la luz primaria (111) es de longitud de onda casi individual y la luz secundaria (112) es de banda de longitud de onda más amplia, y en la que la longitud de onda casi individual está dentro de una banda de absorción o excitación del medio fotoluminiscente (103).

6. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la guía de ondas (100, 101) está embebida en el medio fotoluminiscente (103).

7. El aparato de cualquier reivindicación anterior, que comprende además una segunda zona de dispersión (106; 107; 109; 110) que a) se coloca más corriente abajo que la primera zona (105; 108) y b) tiene mayor resistencia a la dispersión que la primera zona (105; 108) al redirigir la luz primaria (111), en el que el medio fotoluminiscente (103) se extiende además a lo largo del eje longitudinal de la guía de ondas (100, 101) y está colocado para absorber la luz primaria dispersada (111) desde la segunda zona (106; 107; 109; 110) para emitir de este modo más luz secundaria convertida de longitud de onda (112).

8. El aparato de la reivindicación 1, en el que el medio fotoluminiscente (103) es una capa discontinua que tiene una de entre a) una pluralidad de segmentos de composición diferentes (103a a 103c) y b) una pluralidad de segmentos de espesor diferentes que están dispuestos uno al lado de otro a lo largo de un eje longitudinal de la guía de ondas (100, 101).

9. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 u 8, que comprende además unos medios de fuente de luz (116) para generar la luz primaria (111) que es de una longitud de onda casi individual, en el que cualquier luz primaria redirigida no absorbida (111) se combina con la luz secundaria convertida de longitud de onda fuera de la guía de ondas (100, 101) para producir luz blanca.

10. El aparato de la reivindicación 9, en el que los medios de fuente de luz (116) consisten en una pluralidad de diferentes fuentes de luz de colores.

11. El aparato de cualquier reivindicación anterior, que comprende además: un medio de lámina de guía de luz (303) colocado en relación con la guía de ondas (100, 101) de tal manera que la luz blanca, que consiste esencialmente en cualquier luz primaria redirigida no absorbida (111) combinada con la luz secundaria convertida de longitud de onda (112) fuera de la guía de ondas (100, 101), se acopla a una superficie lateral de los medios de lámina de guía de luz (303).

12. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende además:

una matriz de elementos de visualización (305); y

unos medios de lámina de guía de luz (306) orientados hacia una cara trasera de la matriz de elementos de visualización (305), en los que el medio fotoluminiscente (103) es una capa formada en una cara delantera de los medios de lámina de guía de luz (306), y en el que los medios de lámina de guía de luz (306) se colocan en relación con la guía de ondas (100, 101) de tal manera que la luz primaria redirigida (111) se acopla a una superficie lateral de los medios de lámina de guía de luz y a continuación se dirige a la cara delantera,

y en los que la luz blanca que consiste esencialmente en cualquier luz primaria redirigida no absorbida (111) combinada con la luz secundaria convertida de longitud de onda (112) emerge de la cara delantera de los medios de lámina de guía de luz (306) e incide sobre la cara trasera de la matriz de elementos de visualización (305).

13. El aparato de la reivindicación 9, en el que el medio fotoluminiscente (103) es una capa fotoluminiscente que tiene al menos un segmento ausente de tal manera que en esa región de la guía de ondas (100, 101) la luz primaria redirigida (111) ilumina directamente una región deseada fuera de la guía de ondas (100, 101), sin ninguna interacción con un medio fotoluminiscente.

14. Un método para fabricar un aparato de guía de ondas (100, 101) para un sistema de iluminación, que comprende:

formar una región de estructuras de dispersión de luz (105; 108) dentro de una guía de ondas (100, 101) que es una fibra multimodo, en el que un medio central (100) está en contacto con un medio de revestimiento (101) y en el que la luz primaria (111) se propaga a lo largo de su eje longitudinal, procesando por láser al menos el medio central (100) a lo largo del eje longitudinal para crear en el mismo la región de estructuras de dispersión (105; 108) en el que la región de estructuras de dispersión

(105; 108) está adaptada para redirigir una luz primaria (111), que se propaga en la guía de ondas (100, 101) a lo largo del eje longitudinal, fuera de una superficie lateral exterior de la guía de ondas (100, 101) en un patrón de radiación direccional que tiene una extensión radial predeterminada de menos de 360 grados en una posición radial deseada en el que la región de estructuras de dispersión de luz es una modificación inducida por láser de la fibra multimodo que varía a lo largo y transversal a la dirección de propagación de luz primaria y está adaptada para redirigir la luz primaria de propagación fuera de una superficie lateral de la fibra multimodo en una posición deseada a lo largo del eje longitudinal con un patrón de radiación direccional deseado en la posición radial deseada, y en la que dicha región de estructuras de dispersión de luz incluye unos conjuntos separados de estructuras de dispersión configuradas para dispersar diferentes intervalos de longitud de onda de la luz primaria; y

formar un medio (103) de material fotoluminiscente que se coloca para absorber la luz primaria redirigida (111) y emitir de este modo una luz secundaria (112), proporcionando el medio fotoluminiscente cuya extensión longitudinal es no continua o no uniforme unos segmentos fotoluminiscentes, estando cada uno de los segmentos fotoluminiscentes diseñado para responder a una longitud de onda de luz primaria respectiva.

15. El método de la reivindicación 14, en el que el procesamiento por láser comprende:

adaptar el enfoque, la intensidad y la posición de un haz láser de procesamiento que está dirigido a dicha guía de ondas (100, 101) para establecer uno o más del grupo que consiste en la localización, forma, tamaño, orientación o inclinación, y la periodicidad de las estructuras de dispersión de luz (105; 108) de tal manera que la fuerza de dispersión de la región sea menor en un punto proximal que en un punto distal a lo largo del eje longitudinal de la guía de ondas (100, 101).



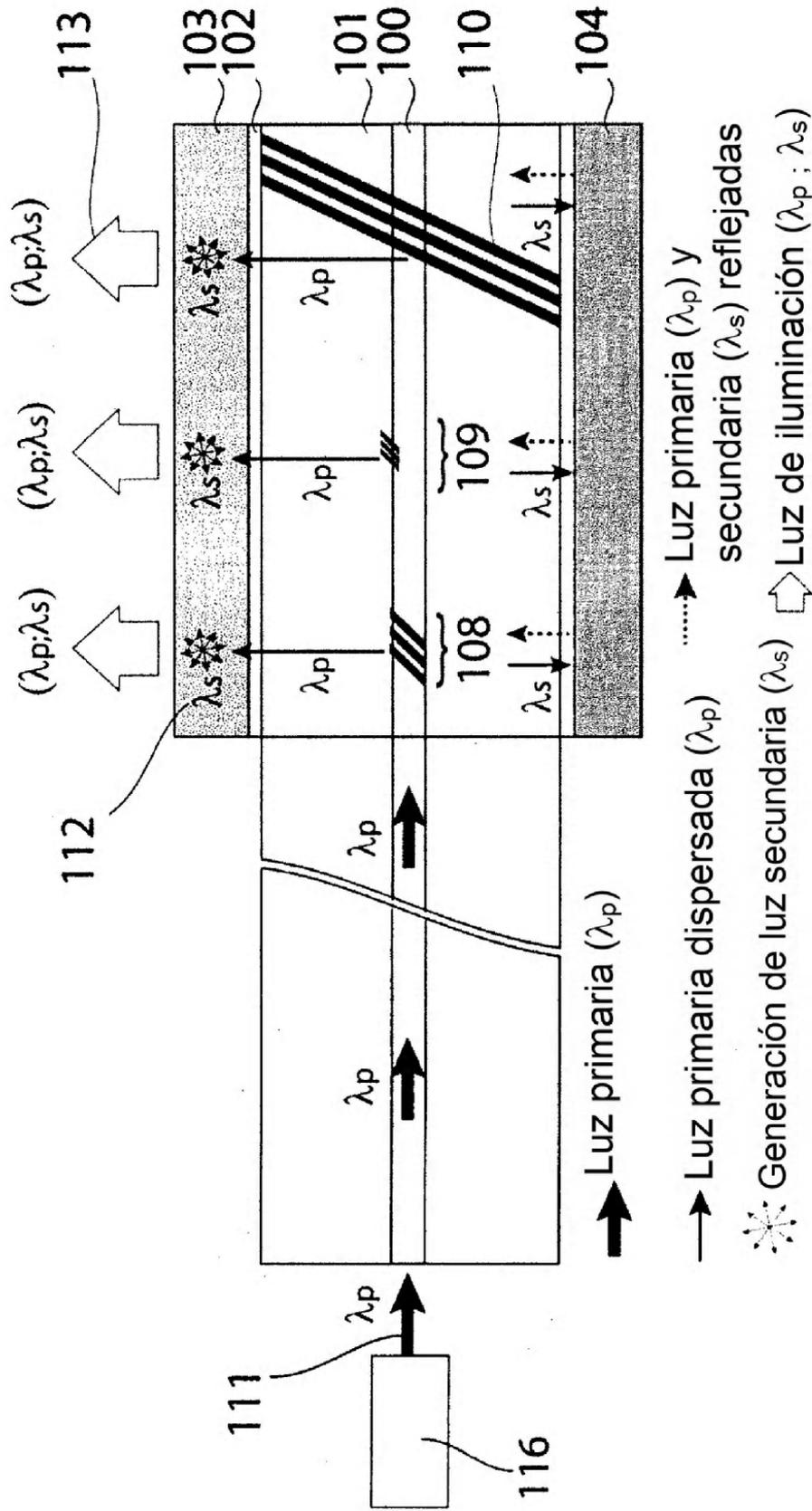


Fig. 1b

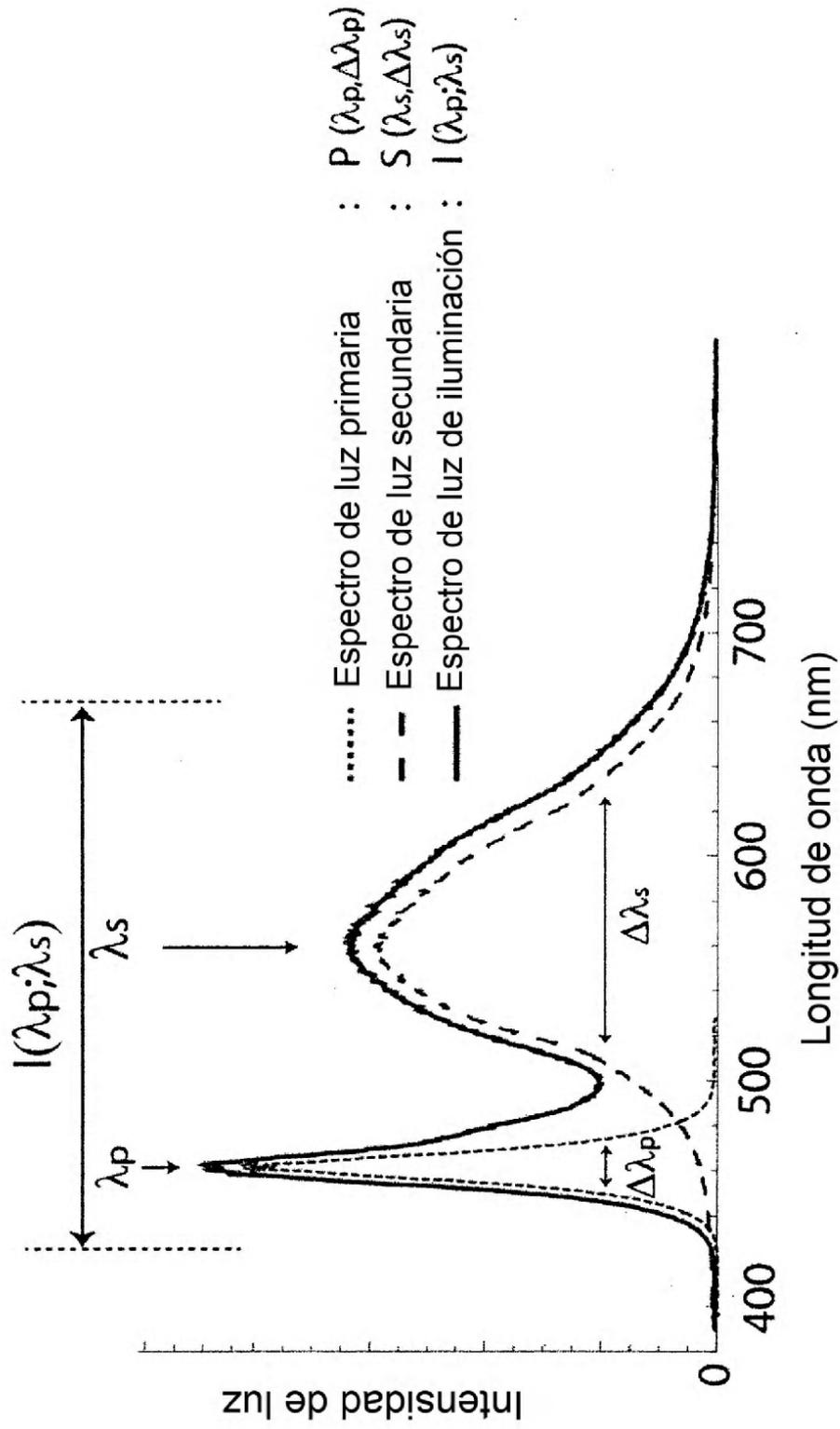


Fig. 1c

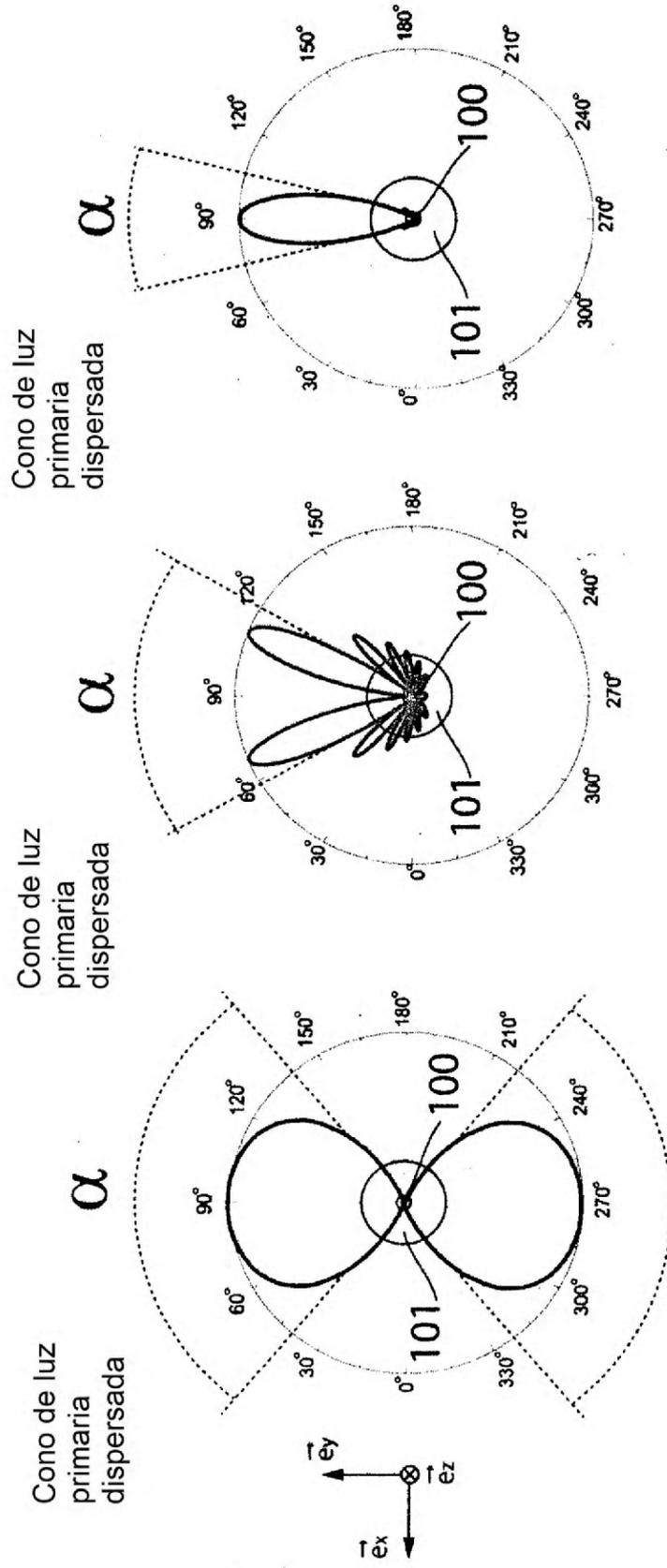


Fig. 2a Fig. 2b Fig. 2c

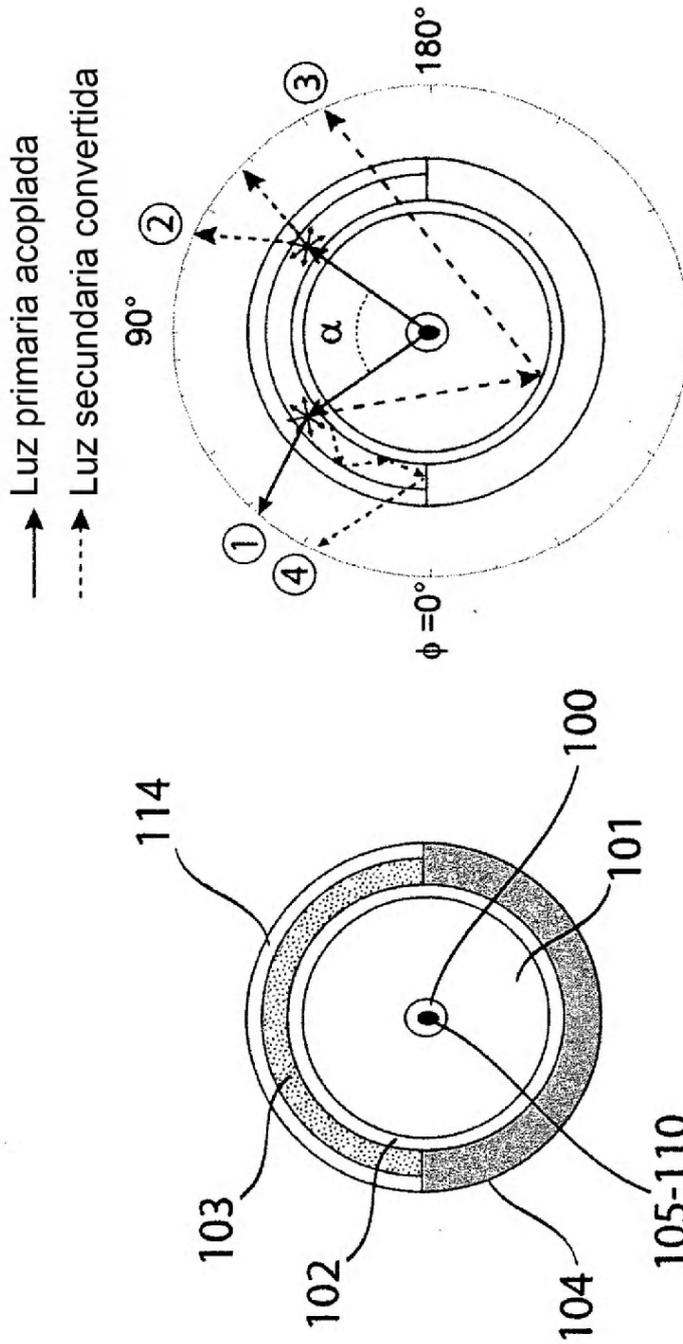
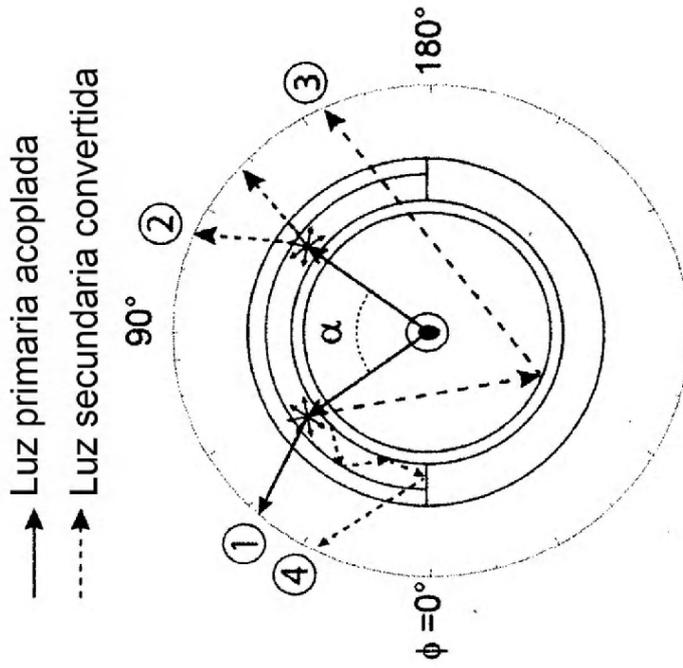


Fig. 3a



- ① Transmisión directa de la luz primaria
- ② Transmisión directa de la luz secundaria
- ③ Transmisión indirecta de la luz secundaria por reflexión
- ④ Transmisión indirecta de la luz secundaria por guiado

Fig. 3b

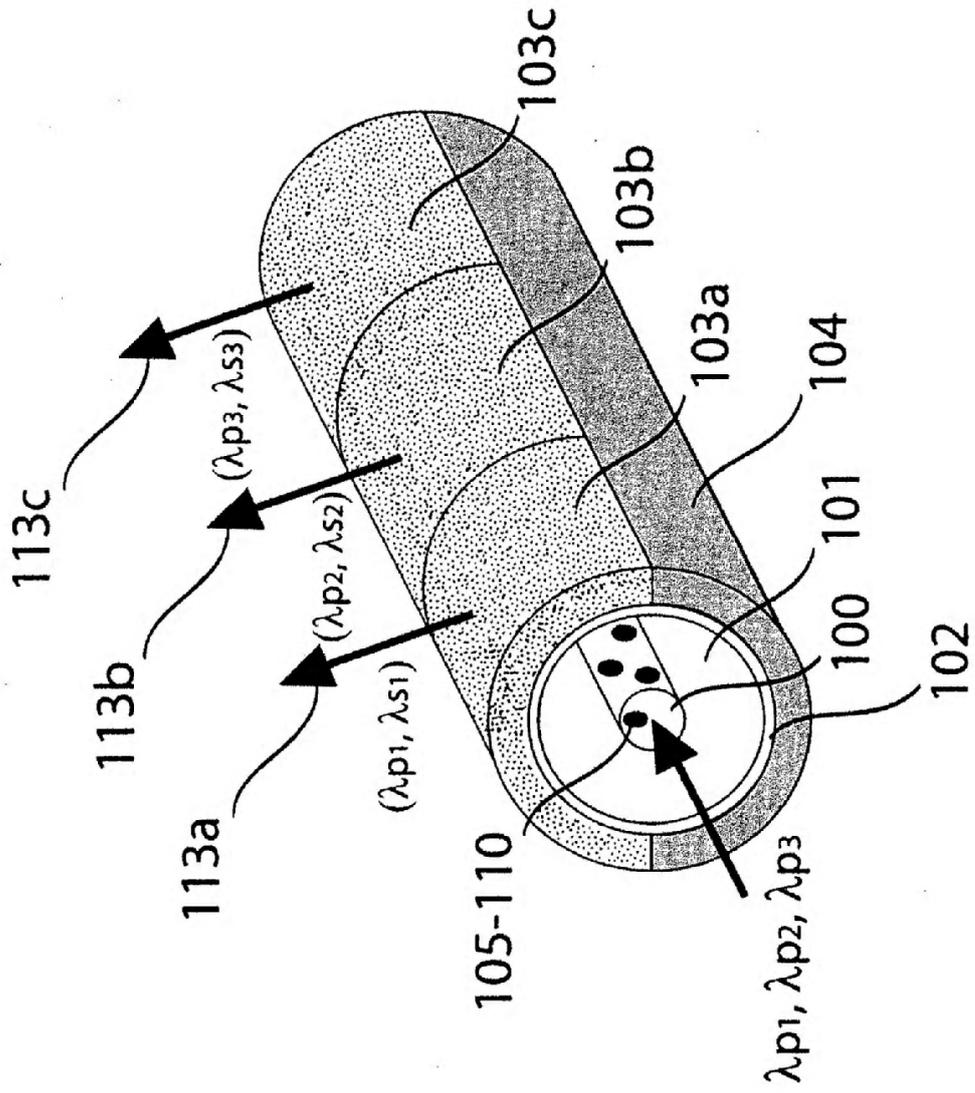


Fig. 4

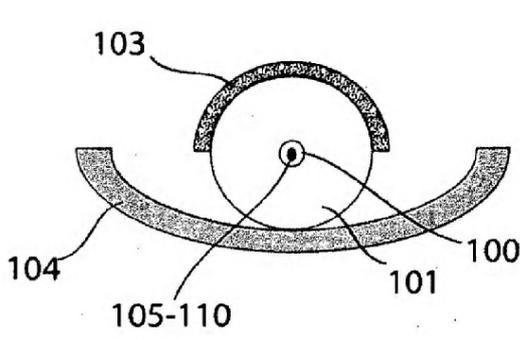


Fig. 5a

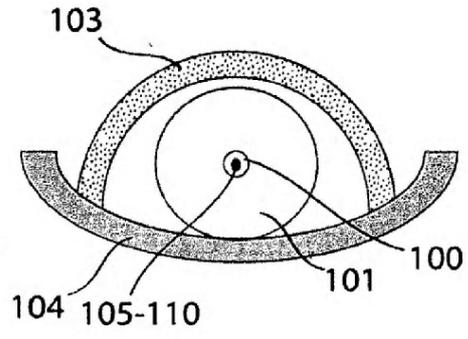


Fig. 5b

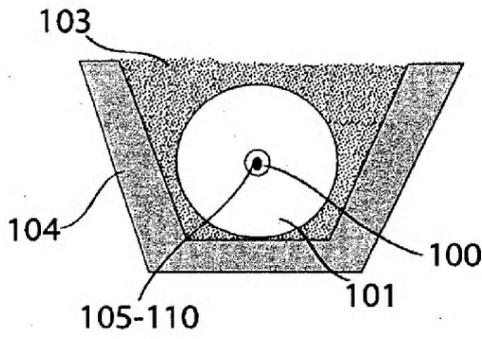


Fig. 5c

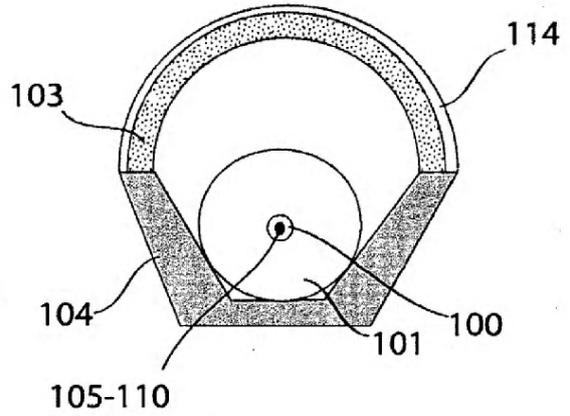


Fig. 5d

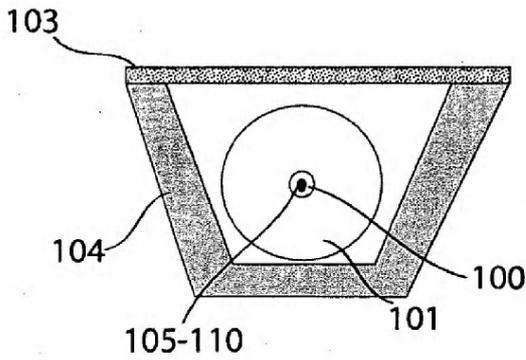


Fig. 5e

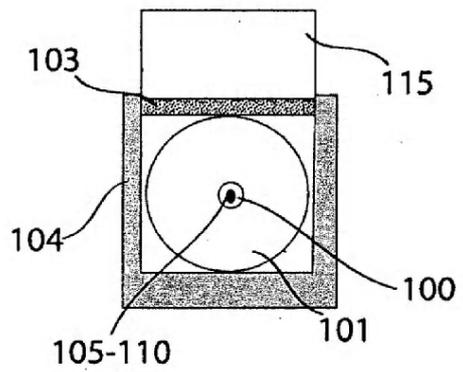
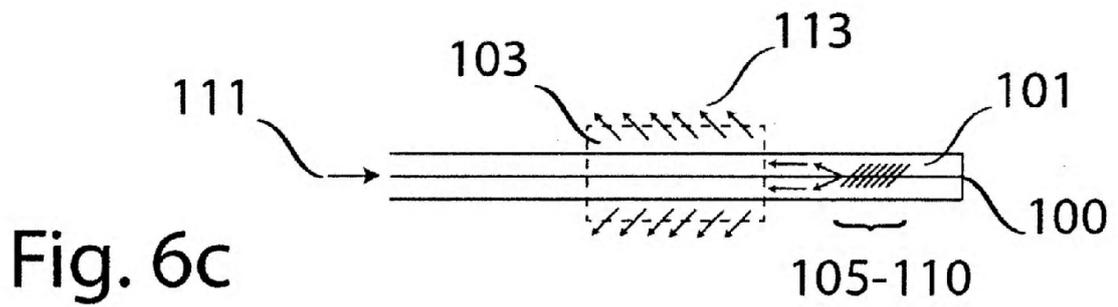
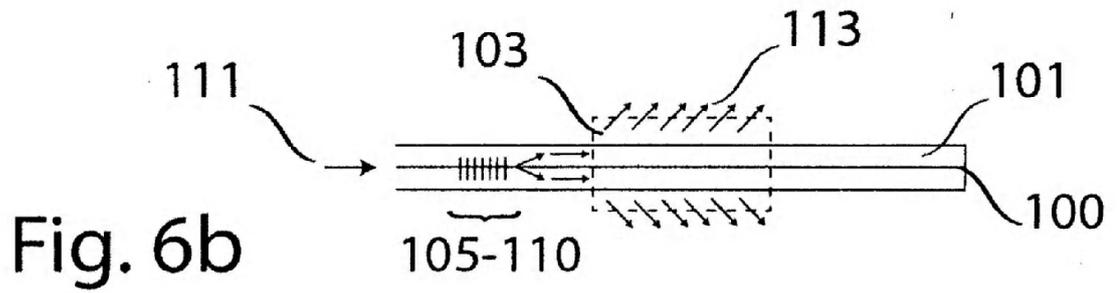
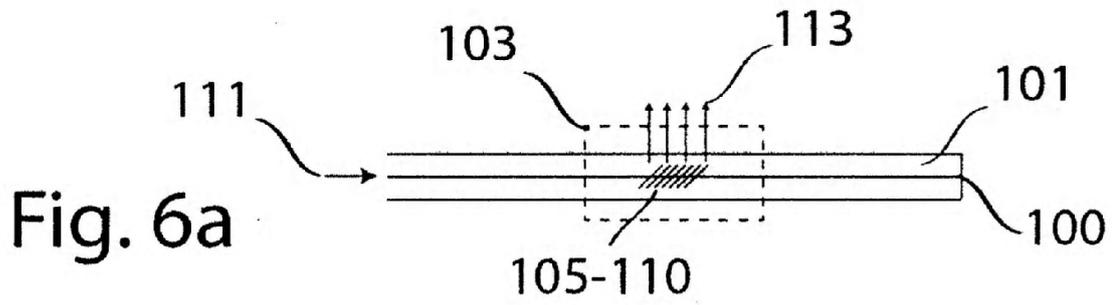


Fig. 5f



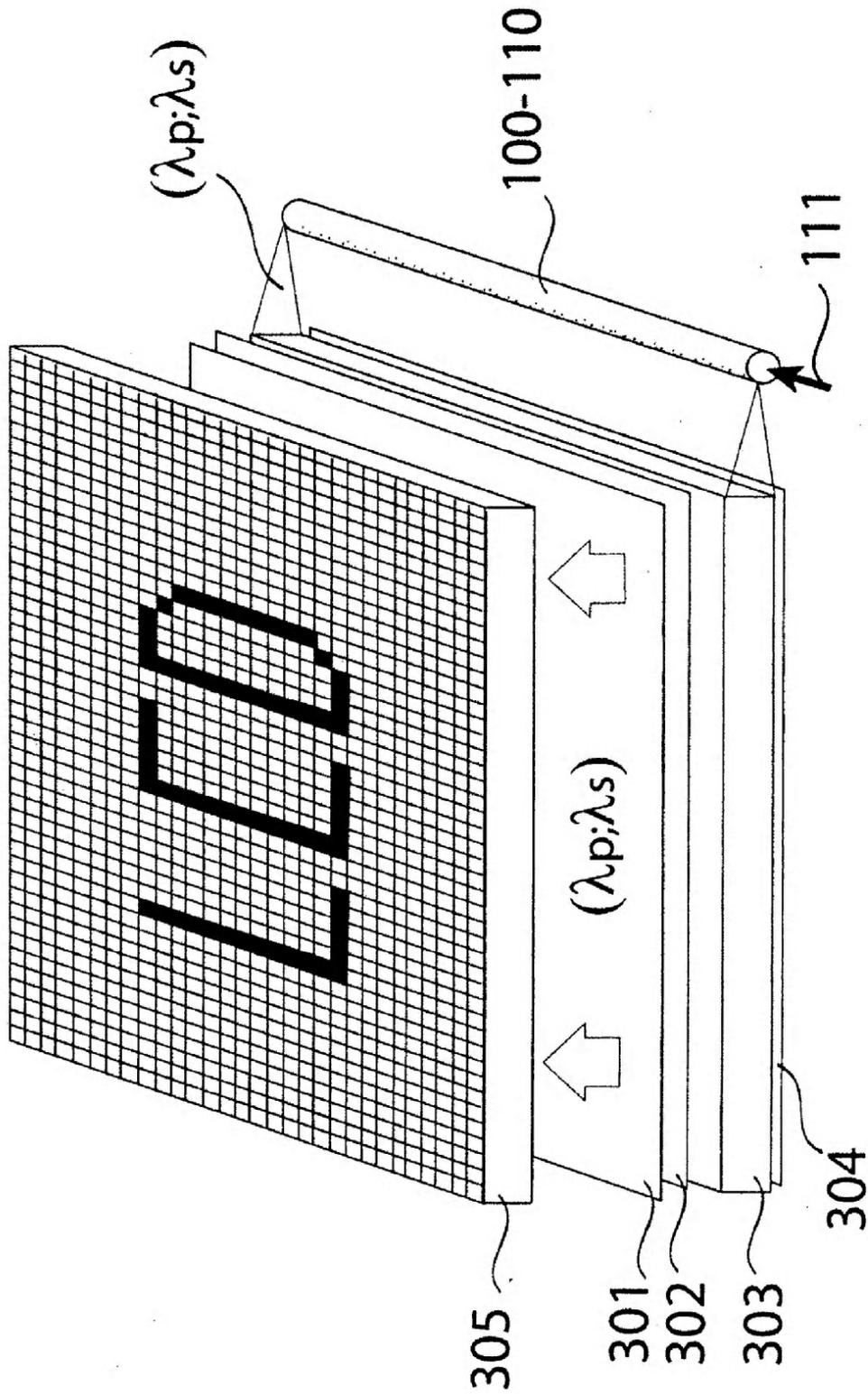


Fig. 7

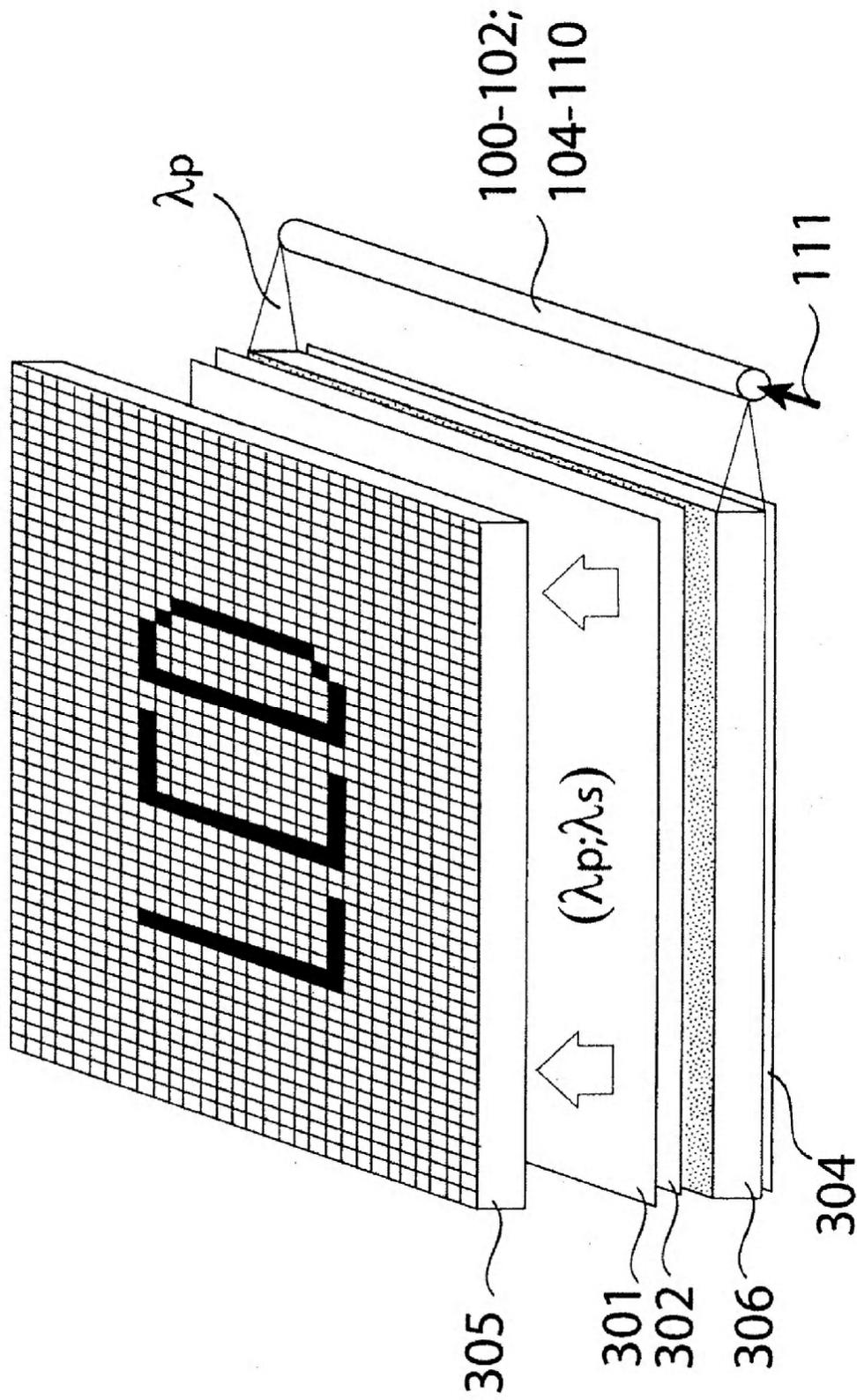


Fig. 8