

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 988 033**

51 Int. Cl.:

**F21V 8/00** (2006.01)

**G02B 6/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2021** **E 21154580 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2024** **EP 4036465**

54 Título: **Dispositivo óptico para controlar la luz**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.11.2024**

73 Titular/es:

**VITREALAB GMBH (100.0%)**  
**Tech Park Vienna, Gutheil-Schoder-Gasse 17**  
**1230 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**ZEUNER, JONAS y**  
**GREGANTI, CHIARA**

74 Agente/Representante:

**SOLER LERMA, Santiago**

ES 2 988 033 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).

**DESCRIPCION**

Dispositivo óptico para controlar la luz

5 La descripción se refiere a un dispositivo óptico para controlar la luz que comprende

- un sustrato con una superficie límite y con una región limítrofe en contacto con la superficie límite,
- una guía de ondas formada dentro del sustrato para guiar un haz de luz, y
- 10 - una estructura óptica, donde la guía de ondas se curva hacia la superficie límite del sustrato para dirigir el haz de luz a la estructura óptica, donde la región limítrofe está dispuesta al menos parcialmente en una trayectoria óptica entre la guía de ondas y la estructura óptica.

El documento WO 2007/046100 A2 muestra un conjunto de retroiluminación para alimentar luz de iluminación un panel de visualización pasivo.

15 Además, se conoce el uso de guías de ondas formadas en un sustrato para distribuir luz desde una fuente de luz externa. El documento EP 3599541 A1 muestra un dispositivo óptico de este tipo, donde las guías de ondas formadas en el sustrato por medio de escritura láser directa se extienden a través del sustrato antes de curvarse hacia una superficie del sustrato y terminar en una salida dentro del sustrato. En una realización, las  
20 guías de ondas se curvan lo suficiente como para que la luz se emita desde las guías de ondas sustancialmente perpendicular a la superficie. Por lo tanto, la reflexión interna total de la luz emitida por las guías de onda en la superficie formada por el límite sustrato-aire no plantea un problema. En otra realización, las guías de onda pueden dirigir la luz en un ángulo menor a la superficie. Se proporciona una estructura óptica en forma de cuñas en el sustrato, que reflejan la luz de tal manera que alcanza una superficie opuesta del sustrato sustancialmente  
25 perpendicular. De esta manera, se pueden evitar curvaturas bruscas según sea necesario en la otra realización, que conducen a un aumento de las pérdidas de luz. Además, el espesor del sustrato se puede reducir, teniendo en cuenta el radio de flexión mínimo de la guía de ondas.

Sin embargo, en el dispositivo mencionado anteriormente, la luz parásita en el sustrato, que se emite, por  
30 ejemplo, en una sección recta de la guía de ondas antes de la curvatura y que también puede resultar del acoplamiento de la luz en la guía de ondas, alcanza la estructura óptica y se emite junto con la luz útil. Por lo tanto, degrada la calidad de la luz proporcionada por el dispositivo óptico. De este modo, sería ventajoso proporcionar la estructura óptica fuera del sustrato.

35 También sería ventajoso no tener que proporcionar la estructura óptica como parte de o dentro del sustrato, ya que podría proporcionarse una estructura óptica separada más fácilmente y con mayor precisión.

Un objetivo de la presente descripción es resolver o aliviar al menos uno o más de los problemas de la técnica anterior. En particular, la presente descripción proporcionará un dispositivo óptico con una mayor calidad de la  
40 luz que proporciona el dispositivo óptico, donde más particularmente se emitirá menos luz parásita junto con luz útil.

La descripción propone un dispositivo óptico como se ha mencionado al principio, donde se proporciona una estructura de contacto que entra en contacto con la región limítrofe en la superficie límite, donde la estructura  
45 de contacto tiene un índice de refracción que es menor que el índice de refracción del sustrato en la región limítrofe.

La luz parásita incluye al menos la luz dispersada desde la guía de ondas antes de la curvatura de la guía de ondas o a lo largo de la curvatura, antes de que termine la guía de ondas. La luz útil se define como la luz que  
50 se acopla a la guía de ondas, guiada por la guía de ondas y dirigida por la guía de ondas a la estructura óptica. La luz que se pierde durante la propagación dentro de la guía de ondas tiene una distribución angular similar a la luz que se propaga dentro de la guía de ondas. Por tanto, al menos la luz parásita dispersada desde la guía de ondas antes de la curvatura alcanza la superficie límite en un ángulo menor que el de la luz útil. Debido a que la estructura de contacto tiene un índice de refracción que es menor que el índice de refracción del sustrato en  
55 la región limítrofe, en la superficie límite en contacto con la región limítrofe se produce la reflexión interna total. Así, una fracción mayor de luz parásita que de luz útil será totalmente reflejada internamente y, por lo tanto, se puede evitar que sea emitida desde el sustrato en la superficie límite en la región limítrofe y también se puede evitar que llegue a la estructura óptica. Al mismo tiempo, una mayor fracción de luz útil es capaz de pasar la superficie límite y alcanzar la estructura óptica que si la superficie límite en la región limítrofe fuera simplemente  
60 un límite sustrato-aire. Por lo tanto, el ruido emitido por el dispositivo óptico puede reducirse o cancelarse.

En general, la luz parásita se origina a partir de pérdidas ópticas a lo largo de las trayectorias deseadas del haz

de luz. Otra contribución a la luz parásita es la luz que está imperfectamente acoplada a la guía de ondas (por ejemplo, desde una fuente de luz externa). Esta luz no acoplada se propagará en el sustrato. Por lo general, esta luz tendrá ángulos similares al ángulo de emisión de una faceta de la guía de ondas, ya que este es el requisito para lograr un buen rendimiento de acoplamiento (coincidencia de modo). Por lo tanto, como aproximación de primer orden, se puede decir que la luz parásita que se origina en el punto de acoplamiento es idéntica a la emisión de la propia guía de ondas (si terminara allí). Así, se puede suponer que la distribución angular de la luz parásita resultante del acoplamiento y de la propagación es similar. El semiángulo de emisión de un haz gaussiano monomodal es, por ejemplo, de aproximadamente 4° para la luz roja, verde y azul. Las pérdidas introducidas por la propia guía de ondas suelen ser de 0,1 dB/cm, pero pueden ser mayores en las partes curvadas de la guía de ondas.

La guía de ondas puede curvarse hacia la superficie límite entre 1° y 90°, opcionalmente entre 8° y 90°, por ejemplo, 12°. Opcionalmente, la guía de ondas emite luz hacia la superficie límite en un ángulo de entre 1° y 90°, opcionalmente de entre 8° y 90°, por ejemplo, de 12° (según se mide desde la superficie límite).

El índice de refracción de la estructura de contacto que es menor que el índice de refracción de la región limítrofe se refiere a que el índice de refracción de la estructura de contacto es menor que el índice de refracción de la región limítrofe para al menos una longitud de onda en el intervalo de 100 nm a 1625 nm o para todas las longitudes de onda en dicho intervalo o al menos para el índice de refracción principal. Opcionalmente, se aplica para al menos una longitud de onda en el intervalo de 380 nm a 750 nm o para todas las longitudes de onda en dicho intervalo, y además opcionalmente para una longitud de onda de al menos uno de 450 nm, 520 nm y 638 nm. En general, las referencias al índice de refracción (incluyendo la diferencia de índice de refracción, la relación de índice de refracción y el ángulo crítico) en esta descripción se refieren a que estos son al menos una longitud de onda en el intervalo de 100 nm a 1625 nm, opcionalmente estos son al menos una longitud de onda en el intervalo de 380 nm a 750 nm, además opcionalmente estos son a una longitud de onda de al menos uno de 450 nm, 520 nm y 638 nm o al menos para el índice de refracción principal. Las referencias al índice de refracción (incluidos la diferencia del índice de refracción, la relación del índice de refracción y el ángulo crítico) en esta descripción se refieren a una medición a 20 °C. Opcionalmente, las referencias al índice de refracción (incluidos la diferencia del índice de refracción, la relación del índice de refracción y el ángulo crítico) se aplican para las mediciones en el intervalo de temperatura de 0 °C a 70 °C, en el intervalo de temperatura de -40 °C a 85 °C o en el intervalo de temperatura de -55 °C a 125 °C. El índice de refracción para el vidrio óptico en bruto se mide opcionalmente según la norma ISO 12123:2018 ("Óptica y fotónica — Especificación del vidrio óptico en bruto") y para los plásticos según la norma ISO 489:1999 ("Plásticos — Determinación del índice de refracción") y para el vidrio óptico no en bruto (es decir, donde no se aplica la norma ISO 12123:2018) según la norma ISO 21395-1:2020. El índice de refracción de la estructura de contacto es, en particular, mayor que el índice de refracción del aire.

Una relación del índice de refracción de la estructura de contacto y el índice de refracción de la región limítrofe es opcionalmente menor que 0,9995, más opcionalmente menor que 0,999, más opcionalmente menor que 0,998, más opcionalmente menor que 0,996. La relación del índice de refracción de la estructura de contacto y el índice de refracción de la región limítrofe es opcionalmente mayor que 2/3, opcionalmente mayor que 0,7, más opcionalmente mayor que 0,8, más opcionalmente mayor que 0,9, más opcionalmente mayor que 0,95. Una diferencia de índice de refracción del índice de refracción de la estructura de contacto y el índice de refracción del sustrato en la región limítrofe es opcionalmente menor que 0,5, más opcionalmente menor que 0,1, más opcionalmente menor que 0,02. Una diferencia de índice de refracción del índice de refracción de la estructura de contacto y el índice de refracción del sustrato en la región limítrofe es opcionalmente mayor que 0,0002, más opcionalmente mayor que 0,001, más opcionalmente menor que 0,005.

El ángulo crítico es el ángulo de incidencia más pequeño que produce una reflexión total. Para las ondas de luz que inciden desde un medio "interno" (es decir, el sustrato) con un índice de refracción  $n_1$  a un medio "externo" (es decir, la estructura de contacto) con un índice de refracción  $n_2$ , el ángulo crítico viene dado por  $\theta_c = \arcsin(n_2/n_1)$ , donde el ángulo crítico se mide a partir de la normal del límite, se define desde  $n_2 < n_1$ . El ángulo crítico en la superficie límite en contacto con la región limítrofe es opcionalmente menor que 89,5°, más opcionalmente menor que 88°, más opcionalmente menor que 85°. Un ángulo crítico más bajo permite que una fracción más alta de luz parásita se refleje en la superficie límite y, por lo tanto, se confine dentro del sustrato. El ángulo crítico en la superficie límite en contacto con la región limítrofe es opcionalmente mayor que 10°, más opcionalmente mayor que 45°, más opcionalmente mayor que 70°, más opcionalmente mayor que 78°. Un ángulo crítico más alto permite que una luz más útil pase la superficie límite en contacto con la región limítrofe, alcanzando así la estructura óptica. En consecuencia, un ángulo crítico más alto permite que la guía de ondas dirija la luz a la superficie límite en un ángulo menor, reduciendo así el radio de curvatura requerido de la guía de ondas hacia la superficie límite. Cuanto mayor sea la diferencia de ángulo entre la luz útil y la luz parásita, mejor será la separación entre ambas.

En una modalidad típica, la luz parásita puede dispersarse desde la guía de ondas en un ángulo de 4°. Es decir, si la guía de ondas corre paralelamente a la superficie límite antes de la curvatura, la luz dispersa antes de la curvatura alcanza la superficie límite en un ángulo de 4° (medido desde la superficie límite, o 86° medido desde la normal de la superficie límite). También habitualmente, la guía de ondas puede curvarse hacia la superficie límite en 12° (medido desde la superficie límite, o 78° medido desde la normal de la superficie límite). Por lo tanto, la luz útil llega a la superficie límite en un ángulo de 12°, o entre 8° y 16° teniendo en cuenta la propagación de la luz emitida desde la guía de ondas. Por lo tanto, es ventajoso que el ángulo crítico esté entre 86° y 78°, en particular entre 86° y 82°, por ejemplo, en esta realización típica.

Opcionalmente, el sustrato es transparente. Opcionalmente, el sustrato comprende vidrio, en particular vidrio de borosilicato. Opcionalmente, el sustrato es un Corning EAGLE XG (R), que es un tipo de vidrio de boro-aluminosilicato alcalinotérreo, con un índice de refracción de aproximadamente 1,5 (en el espectro visible), en particular con un índice de refracción de 1,5185 a 450 nm, de 1,5134 a 520 nm y de 1,5080 a 638 nm. Entonces (en particular en la realización típica mencionada anteriormente) es ventajoso que la estructura de contacto tenga un índice de refracción de 1,5105 a 450 nm, de 1,5054 a 520 nm y de 1,5000 a 638 nm. La estructura de contacto comprende opcionalmente una resina y/o un polímero. Opcionalmente, la estructura de contacto comprende un polímero nanoimpreso por UV. La nanoimpresión permite una alta calidad superficial y una producción en masa barata. Es bien sabido que el índice de refracción del polímero se puede ajustar para que coincida con las necesidades específicas de las estructuras nanoimpresas.

La región limítrofe puede cubrir, aunque no necesariamente, toda la superficie límite. Opcionalmente, el índice de refracción del sustrato es uniforme, es decir, opcionalmente la región limítrofe y el resto del sustrato tienen el mismo índice de refracción. Opcionalmente, la superficie límite es sustancialmente plana al menos en el área en contacto con la región limítrofe. Opcionalmente, la superficie límite es una primera superficie límite y el sustrato comprende una segunda superficie límite opuesta a la primera superficie límite. Opcionalmente, la segunda superficie límite es sustancialmente paralela a la primera superficie límite. La referencia a la superficie límite del sustrato se refiere a la primera superficie límite del sustrato. Opcionalmente, el sustrato tiene forma de una losa. Opcionalmente, la extensión del sustrato perpendicularmente a la superficie límite es al menos 10 veces más pequeña que la extensión del sustrato en direcciones paralelas a la superficie límite. Opcionalmente, la segunda superficie límite es un límite sustrato-aire. Opcionalmente, el sustrato entra en contacto en la segunda superficie límite con un material (por ejemplo, aire) con un índice de refracción que es menor que el índice de refracción del sustrato en una segunda región limítrofe que entra en contacto con dicho material. Por lo tanto, la luz parásita puede reflejarse en ambos lados del sustrato y, por lo tanto, confinarse dentro del sustrato. Una relación del índice de refracción de dicho material y el índice de refracción de la segunda región limítrofe es opcionalmente menor que 0,9, más opcionalmente menor que 0,8, más opcionalmente menor que 0,7. De este modo, prácticamente toda la luz parásita puede reflejarse internamente en la segunda superficie límite. La diferencia de índice de refracción en la segunda superficie límite puede ser menor que en la primera superficie límite, ya que no es necesario que la luz útil se emita en un ángulo poco profundo. Alternativamente, la segunda superficie límite puede estar en contacto con un material absorbente.

La región limítrofe que está dispuesta al menos parcialmente en una trayectoria óptica entre la guía de ondas y la estructura óptica significa que un haz de luz emitido desde la guía de ondas hacia la estructura óptica pasa a través de la región limítrofe. La región limítrofe que está dispuesta al menos parcialmente en una trayectoria óptica entre la guía de ondas y la estructura óptica se refiere a que este es el caso para al menos una longitud de onda en el intervalo de 100 nm a 1625 nm, opcionalmente para al menos una longitud de onda en el intervalo de 380 nm a 750 nm, además opcionalmente para una longitud de onda de al menos uno de 450 nm, 520 nm y 638 nm. Alternativa o adicionalmente a estar dispuesta al menos parcialmente en una trayectoria óptica entre la guía de ondas y la estructura óptica, la región limítrofe puede disponerse geoméricamente al menos parcialmente entre la guía de ondas y la estructura óptica. La guía de ondas puede dirigir el haz de luz a la estructura óptica de modo que el haz de luz se propague libremente al menos entre la guía de ondas y la superficie límite en el sustrato y/o se propague libremente al menos a través de la región limítrofe.

En particular, la estructura óptica es adyacente a la superficie límite. La estructura de contacto puede ser proporcionada por la estructura óptica. Es decir, la estructura de contacto puede ser una parte de la estructura óptica. La estructura de contacto y el resto de la estructura óptica (si son integrales, es decir, están formadas en una pieza) o la estructura de contacto y la estructura óptica (si no son integrales) pueden tener el mismo índice de refracción.

Opcionalmente, la guía de ondas dirige el haz de luz en un ángulo de emisión en la superficie límite y una diferencia de índice de refracción del índice de refracción de la estructura de contacto y el índice de refracción del sustrato en la región limítrofe es tal que el ángulo crítico de la superficie límite en el lado del sustrato es

mayor que el ángulo de emisión, donde el ángulo de emisión y el ángulo crítico se miden desde una normal de la superficie límite. Por lo tanto, una fracción mayor de la luz útil emitida por la guía de ondas puede abandonar el sustrato y alcanzar la estructura óptica. Opcionalmente, el ángulo crítico de la superficie límite en el lado del sustrato es mayor que el ángulo de emisión en al menos 1°, más opcionalmente en al menos 2°, más  
 5 opcionalmente en al menos 4°. Por lo tanto, teniendo en cuenta la propagación del haz de luz emitido desde la guía de ondas, una fracción aún mayor de la luz útil puede pasar la superficie límite. En particular, el ángulo de emisión se define usando el centroide del haz de luz.

La guía de ondas se forma opcionalmente dentro del sustrato por medio de escritura láser directa, en particular  
 10 escritura láser directa de femtosegundos.

Opcionalmente, una diferencia de índice de refracción del índice de refracción de la estructura de contacto y el índice de refracción del sustrato en la región limítrofe es tal que el ángulo crítico de la superficie límite en el lado del sustrato es menor que el ángulo crítico de un límite de la guía de ondas con el sustrato en el lado de la guía  
 15 de ondas, donde el ángulo crítico de la superficie límite se mide desde una normal de la superficie límite y el ángulo crítico del límite de la guía de ondas se mide desde una normal del límite de la guía de ondas. Por lo general, la luz parásita se dispersa desde una guía de ondas en un ángulo mayor que el ángulo crítico dentro de la guía de ondas. Dicha luz parásita se reflejará totalmente de forma interna en la superficie límite en contacto con la estructura de contacto (siempre que el ángulo de la luz parásita sea mayor que el ángulo crítico de la  
 20 superficie límite).

Opcionalmente, una diferencia de índice de refracción del índice de refracción de la estructura de contacto y el índice de refracción del sustrato en la región limítrofe está entre 0,0001 y 0,1.

25 Opcionalmente, la estructura de contacto tiene un índice de refracción diferente al de un material de la estructura óptica. En particular, la estructura de contacto se puede utilizar entre la estructura óptica y el sustrato para adherir la estructura óptica sobre el sustrato, por ejemplo, como un pegamento. La estructura de contacto puede ser una capa, que opcionalmente puede tener un espesor inferior a 100 µm.

30 Opcionalmente, la estructura óptica comprende una interfaz de reflexión para reflejar el haz de luz dirigido a la estructura óptica por la guía de ondas, en particular hacia la superficie límite del sustrato, donde la interfaz de reflexión es proporcionada opcionalmente por un recubrimiento reflectante, por ejemplo, plata. Por lo tanto, la guía de ondas puede dirigir el haz de luz en un ángulo poco profundo a la superficie límite y solo requiere un pequeño ángulo de curvatura. La interfaz de reflexión permite reflejar el haz de luz de vuelta al sustrato de  
 35 manera que pueda dejar el sustrato en el lado opuesto (en particular en la segunda superficie límite) en un ángulo definido esencialmente de manera arbitraria. En particular, el haz de luz puede emitirse desde el sustrato (en particular en la segunda superficie límite) sustancialmente perpendicular. Además, la interfaz de reflexión puede dar forma al haz de luz. La interfaz de reflexión sirve para reflejar el haz de luz dirigido a la estructura óptica por la guía de ondas hacia la superficie límite del sustrato en un ángulo desde la normal de la  
 40 superficie límite de opcionalmente menos de 45°, más opcionalmente menos de 30°, más opcionalmente menos de 15°. En particular, la interfaz de reflexión está dispuesta de tal manera que un ángulo de incidencia del haz de luz es tal que el haz de luz se refleja hacia la superficie límite del sustrato en un ángulo desde la normal de la superficie límite de opcionalmente menos de 45°, más opcionalmente menos de 30°, más opcionalmente menos de 15°. La interfaz de reflexión es proporcionada en particular por una superficie límite de  
 45 la estructura óptica, en particular una superficie límite orientada en sentido contrario al sustrato. Es decir, el haz de luz entra en la estructura óptica y se refleja en la superficie límite opuesta de la estructura óptica. Opcionalmente, al menos el 80 % del haz de luz (en términos de energía) se refleja en la interfaz de reflexión (en particular en el rango de dirección deseado). Alternativamente, la interfaz de reflexión también se puede usar para reflejar la luz en una dirección que se aleja de la superficie límite, en particular si se usa en  
 50 combinación con la interfaz de transmisión mencionada a continuación.

Opcionalmente, la estructura óptica comprende una interfaz de transmisión dispuesta de tal manera que el haz de luz dirigido a la estructura óptica se emite desde la interfaz de transmisión. La interfaz de transmisión es  
 55 opcionalmente diferente de la superficie límite de la estructura, en particular si la estructura óptica comprende la estructura de contacto. La interfaz de transmisión es proporcionada en particular por una superficie límite de la estructura óptica, en particular una superficie límite orientada en sentido contrario al sustrato. Opcionalmente, la interfaz de transmisión puede servir para refractar un haz de luz transmitido a través de la interfaz de transmisión de tal manera que el haz de luz se emite en un ángulo desde la normal de la superficie límite del sustrato de opcionalmente menos de 45°, más opcionalmente menos de 30°, más opcionalmente menos de  
 60 15°, más opcionalmente en esencia perpendicular a la superficie límite. Por lo tanto, la guía de ondas puede dirigir el haz de luz en un ángulo poco profundo a la superficie límite y solo requiere un pequeño ángulo de curvatura. La interfaz de transmisión permite emitir el haz de luz en un ángulo definido en esencia

arbitrariamente, por ejemplo, sustancialmente perpendicular a la superficie límite. Opcionalmente, al menos el 80 % del haz de luz (en términos de energía) se transmite en la interfaz de transmisión (en particular en el rango de dirección deseado). La interfaz de transmisión se puede usar como alternativa o en combinación con la interfaz de reflexión. La interfaz de reflexión puede proporcionarse de tal manera que la luz transmitida a través de la interfaz de transmisión incida en la interfaz de reflexión. En este caso, la interfaz de reflexión puede servir, por ejemplo, para reflejar el haz de luz transmitido a través de la interfaz de transmisión de modo que se emita desde el dispositivo óptico perpendicularmente a la superficie límite.

Opcionalmente, la estructura óptica comprende una unidad de conformación óptica y la guía de ondas está configurada para dirigir el haz de luz a la unidad de conformación óptica, donde la unidad de conformación óptica está configurada para reducir la divergencia del haz de luz dirigido a ella. La interfaz de reflexión y/o la interfaz de transmisión pueden proporcionar la unidad de conformación óptica. La divergencia de haz se reduce a lo largo de al menos un eje del haz de luz. La reducción de la divergencia de haz significa que el ángulo de divergencia de haz se reduce. El ángulo de divergencia de haz es una medida del aumento del ancho del haz o el diámetro del haz con el aumento de la distancia desde las ubicaciones de la parte central del haz y se definen como se da en la norma ISO 11146-1 (Primera edición, 2005-01-15), en particular en la sección 3.15 de dicha documentación, para haces estigmáticos y astigmáticos simples; para haces astigmáticos generales es aplicable la definición respectiva de las normas ISO 11146-2 e ISO 11146-3. Opcionalmente, el ángulo de divergencia de haz se reduce para ambos ejes principales del haz. El ángulo de divergencia de haz se reduce opcionalmente en al menos 1°, más opcionalmente al menos 10°, más opcionalmente al menos 20°, para al menos un eje, opcionalmente ambos/todos los ejes, del haz de luz. Opcionalmente, el ángulo de divergencia se reduce de tal manera que el haz de luz emitido por la unidad de conformación óptica tiene un semiángulo de divergencia inferior a 10°, opcionalmente inferior a 3°, opcionalmente inferior a 1°. La unidad de conformación óptica es, por ejemplo, un microespejo o un elemento óptico difractivo.

Opcionalmente, el dispositivo óptico comprende una guía de ondas primaria formada dentro del sustrato para recibir un haz de luz desde una fuente de luz externa, donde la guía de ondas primaria está conectada o acoplada a la guía de ondas. Si la guía de ondas primaria está conectada a la guía de ondas, pueden formarse como una sola guía de ondas. En particular, la guía de ondas primaria se extiende desde una cara lateral del sustrato, donde la guía de ondas primaria recibe el haz de luz de fuente de luz externa en la cara lateral. Como se ha mencionado anteriormente, la luz que está imperfectamente acoplada a la guía de ondas primaria es otra fuente de luz parásita. Esta luz no acoplada se propagará en el sustrato. Opcionalmente, la guía de ondas primaria se extiende sustancialmente recta en el sustrato al menos a la guía de ondas. Opcionalmente, la guía de ondas se extiende sustancialmente recta en el sustrato antes de la curvatura. El acoplamiento entre la guía de ondas primaria y la guía de ondas se puede lograr, por ejemplo, mediante acoplamiento evanescente.

Opcionalmente, el dispositivo óptico comprende la fuente de luz externa. La fuente de luz externa es opcionalmente una fuente de luz coherente, además opcionalmente un láser, además opcionalmente un diodo láser.

Opcionalmente, la guía de ondas primaria comprende una interfaz para recibir el haz de luz desde la fuente de luz externa y la guía de ondas primaria se extiende desde la interfaz sustancialmente paralela a la superficie límite. Por lo tanto, una mayor fracción de luz parásita del acoplamiento en la guía de ondas primaria y, por lo tanto, del acoplamiento en la guía de ondas se reflejará en la superficie límite.

Opcionalmente, la guía de ondas es una primera guía de ondas secundaria y el dispositivo óptico comprende además al menos una segunda guía de ondas secundaria formada dentro del sustrato para guiar un haz de luz, donde la guía de ondas primaria está acoplada a la segunda guía de ondas secundaria y la segunda guía de ondas secundaria se curva hacia la superficie límite del sustrato para dirigir el haz de luz a la estructura óptica en una posición diferente a la primera guía de ondas secundaria. De esta manera, la luz se puede distribuir desde una fuente de luz externa a múltiples puntos. A continuación, el dispositivo óptico se puede usar para iluminar un área más grande, por ejemplo, como una unidad de retroiluminación. En particular, la región limítrofe también está dispuesta al menos parcialmente en una trayectoria óptica entre la segunda guía de ondas secundaria y la estructura óptica.

Opcionalmente, la unidad de conformación óptica es una primera unidad de conformación óptica y la estructura óptica comprende al menos una segunda unidad de conformación óptica y la segunda guía de ondas secundaria dirige el haz de luz a la segunda unidad de conformación óptica, donde la segunda unidad de conformación óptica está configurada para reducir la divergencia del haz de luz dirigido a ella. Al guiar los haces de luz en guías de onda distintas a las respectivas unidades de conformación óptica, su ángulo de incidencia respectivo está bien definido y, por lo tanto, las unidades de conformación óptica pueden conformar con precisión las características de los respectivos haces de luz. Esto no sería posible si la luz se distribuyera de

- forma desordenada en un gran sustrato en forma de losa, donde la luz no incidiría sobre los elementos ópticos de forma bien definida, en particular no en un ángulo bien definido. De esta manera, con el dispositivo óptico propuesto es posible proporcionar varios haces colimados, sin tener que descartar a propósito una parte del haz y, por lo tanto, reduciendo el brillo y desperdiciando energía. Con estos haces de luz, se pueden iluminar pequeños puntos (por ejemplo, subpíxeles individuales de una pantalla). Así, cuando se utiliza en una pantalla, es posible proporcionar una relación 1 a 1 de guías de ondas y subpíxeles; es decir, un haz de luz que sale de una guía de ondas secundaria respectiva y es guiado a una unidad de conformación óptica respectiva ilumina solo un único subpíxel y, viceversa, cada subpíxel es iluminado por un haz de luz que llega a una unidad de conformación óptica respectiva desde una única guía de ondas secundaria. Además, el dispositivo óptico proporciona la posibilidad de proporcionar haces colimados adicionales que se originan a partir de la misma fuente de luz externa, ya que las guías de ondas secundarias adicionales se pueden ramificar de la guía de ondas primaria. Es decir, el dispositivo óptico puede comprender guías de ondas secundarias adicionales formadas dentro del sustrato para guiar un haz de luz, donde la guía de ondas primaria también está acoplada a las guías de ondas secundarias adicionales y las guías de ondas secundarias adicionales se curvan hacia la superficie límite del sustrato para dirigir el haz de luz a la estructura óptica. Opcionalmente, el dispositivo óptico comprende unidades de conformación óptica adicionales, donde cada guía de ondas secundaria adicional dirige el haz de luz a una unidad de conformación óptica adicional respectiva y las unidades de conformación óptica adicionales están configuradas para reducir la divergencia del haz de luz dirigido a cada unidad de conformación óptica adicional respectiva. Opcionalmente, el dispositivo óptico comprende al menos 10, más opcionalmente al menos 100, más opcionalmente al menos 1000, guías de ondas secundarias adicionales. Opcionalmente, el dispositivo óptico comprende al menos 10, más opcionalmente al menos 100, más opcionalmente al menos 1000, unidades de conformación óptica adicionales. Las unidades de conformación óptica también pueden compartirse entre múltiples subpíxeles y sus respectivas guías de onda secundarias asociadas, es decir, más de una guía de onda secundaria adicional puede dirigir luz, por ejemplo, a la primera o segunda unidad de conformación óptica (desde una dirección diferente a la primera/segunda guía de onda secundaria). En general, la primera guía de ondas puede recibir un haz de luz de una fuente de luz externa directa o indirectamente, por ejemplo, a través de una o más guías de ondas intermedias adicionales y/o uno o más acopladores ópticos intermedios adicionales.
- 30 La interfaz de reflexión y/o la interfaz de transmisión pueden proporcionar cada unidad de conformación óptica. Opcionalmente, cada unidad de conformación óptica comprende un espejo, en particular un espejo cóncavo y/o un microespejo. Opcionalmente, la primera unidad de conformación óptica y/o la segunda unidad de conformación óptica y/o cada una de las unidades de conformación óptica adicionales coliman y/o reenfochan el haz de luz respectivo.
- 35 Opcionalmente, el dispositivo óptico comprende al menos una guía de ondas primaria adicional formada dentro del sustrato para recibir un haz de luz desde al menos una fuente de luz externa adicional, donde la guía de ondas primaria adicional está conectada o acoplada a al menos una guía de ondas adicional formada dentro del sustrato para guiar un haz de luz, donde la guía de ondas adicional se curva hacia la superficie límite del sustrato para dirigir el haz de luz a la estructura óptica. Por lo tanto, el dispositivo óptico puede distribuir la luz de una fuente de luz externa diferente, por ejemplo, de un color diferente. Las características opcionales mencionadas en esta descripción en el contexto de la guía de ondas primaria también pueden aplicarse a la al menos una guía de ondas primaria adicional. Las características opcionales mencionadas en esta descripción en el contexto de la guía de ondas también pueden aplicarse a la al menos una guía de ondas adicional. En particular, la guía de ondas adicional puede ser otra guía de ondas secundaria y se puede proporcionar otro grupo de guías de ondas secundarias adicionales, cada una de ellas acoplada a la guía de ondas primaria adicional y cada una de las cuales dirige el haz de luz a una unidad respectiva de otro grupo de unidades de conformación óptica adicionales. En particular, la región limítrofe está dispuesta al menos parcialmente en una trayectoria óptica entre la guía de ondas adicional y la estructura óptica.
- 50 La descripción se refiere además a una unidad de retroiluminación que comprende el dispositivo óptico como se describe en esta invención. Con la presente descripción es posible distribuir la luz de una fuente de luz externa a muchos píxeles (por ejemplo, más de 1000 píxeles).
- 55 La descripción se refiere además a un panel de visualización que comprende el dispositivo óptico como se describe en esta invención. El panel de visualización es opcionalmente una pantalla LCD.
- La descripción se refiere además a un emisor en Y que comprende el dispositivo óptico como se describe en esta invención.
- 60 A modo de ejemplo, la descripción se explica adicionalmente con respecto a algunas realizaciones seleccionadas mostradas en los dibujos. Sin embargo, estas realizaciones no se considerarán limitativas de la

descripción.

La Fig. 1 muestra esquemáticamente una primera realización del dispositivo óptico con una interfaz de reflexión.

5 La Fig. 2 muestra esquemáticamente una segunda realización del dispositivo óptico con una interfaz de transmisión.

La Fig. 3 muestra el efecto de la reflexión interna total sobre los componentes polarizados s y p de la luz parásita y de la luz útil.

La Figura 4A muestra una simulación sin cancelación de luz parásita.

10 La Fig. 4B muestra una simulación con cancelación de luz parásita.

La Fig. 5 muestra esquemáticamente una vista superior de una tercera realización del dispositivo óptico.

La Fig. 6 muestra esquemáticamente una vista en sección de la tercera realización del dispositivo óptico según la Fig. 5.

La Fig. 7 muestra esquemáticamente una vista lateral de una cuarta realización del dispositivo óptico.

15

La Fig. 1 muestra esquemáticamente una primera realización del dispositivo óptico 1. El dispositivo óptico comprende un sustrato 2 con una superficie límite 3 y una estructura óptica 6. El dispositivo óptico 1 comprende una guía de ondas primaria 4 formada dentro del sustrato 2 para recibir un haz de luz de una fuente de luz externa (que no forma parte del dispositivo óptico 1). La guía de ondas primaria 4 comprende una interfaz 19 para recibir el haz de luz desde la fuente de luz externa y la guía de ondas primaria 4 se extiende desde la interfaz 19 sustancialmente paralela a la superficie límite 3. El dispositivo óptico 1 comprende una guía de ondas 5, en lo sucesivo denominada primera guía de ondas secundaria 5, formada dentro del sustrato 2 para guiar un haz de luz, donde la guía de ondas primaria 4 está acoplada a la primera guía de ondas secundaria 5. La primera guía de ondas secundaria 5 se curva hacia la superficie límite 3 del sustrato 2 para dirigir el haz de luz a la estructura óptica 6. La primera guía de ondas secundaria 5 emite luz en un ángulo de emisión de, por ejemplo, 12°. Una región limítrofe 7 del sustrato 2 en contacto con la superficie límite 3 está dispuesta parcialmente en una trayectoria óptica entre la primera guía de ondas secundaria 5 y la estructura óptica 6. Se proporciona una estructura de contacto 8 que entra en contacto con la región limítrofe 7 en la superficie límite 3. En esta realización, la estructura de contacto 8 se proporciona como parte de la estructura óptica 6.

20

La luz parásita resultará, en particular, del acoplamiento imperfecto de la luz en la guía de ondas primaria 4, de la luz dispersada de la primera guía de ondas secundaria 5 antes de la curvatura y de la luz dispersada de otras guías de ondas (mencionadas a continuación). Se puede suponer que tanto la luz dispersada del acoplamiento imperfecto como la luz dispersada de las guías de onda tienen ángulos similares al ángulo de emisión de las guías de onda en una faceta de las guías de onda, por ejemplo, aproximadamente 4°. La luz parásita resultante del acoplamiento imperfecto en la guía de ondas primaria 4 se ilustra esquemáticamente mediante las líneas discontinuas 9.

30

La estructura de contacto 8 (y en esta realización la estructura óptica 6) tiene un índice de refracción, que es menor que el índice de refracción del sustrato 2 en la región limítrofe 7 (y en esta realización del sustrato 2 como tal). Por lo tanto, la reflexión interna total se produce en un ángulo crítico en la superficie límite 3. El índice de refracción de la estructura de contacto 8 y del sustrato 2 en la región limítrofe 7 es tal que el ángulo crítico está entre el ángulo de la luz parásita resultante del acoplamiento imperfecto o de la primera guía de ondas secundaria 4 (u otras guías de ondas mencionadas a continuación) antes de la curvatura y el ángulo de emisión de la primera guía de ondas secundaria 4. Por lo tanto, toda la luz parásita se refleja internamente y no alcanza la estructura óptica 6, mientras que la luz útil emitida por la primera guía de ondas secundaria 5 pasa la superficie límite 3 y alcanza la estructura óptica 6.

35

La estructura óptica 6 comprende una interfaz de reflexión 10 para reflejar el haz de luz dirigido a la estructura óptica 6 por la primera guía de ondas secundaria 5 hacia la superficie límite 3 del sustrato 2. En particular, la luz se refleja de tal manera que se dirige de manera sustancialmente perpendicular a la superficie límite 3. El sustrato 2 tiene forma de una losa y la superficie límite 3 es una primera superficie límite, donde el sustrato comprende una segunda superficie límite 11 opuesta y sustancialmente paralela a la primera superficie límite 3. La luz reflejada desde la interfaz de reflexión 10 se emite del dispositivo óptico 1 desde la segunda superficie límite 11 de manera sustancialmente ortogonal a la segunda superficie límite 11.

40

El dispositivo óptico 1 comprende una unidad de conformación óptica 12 y la primera guía de ondas secundaria 5 está configurada para dirigir el haz de luz a la unidad de conformación óptica 12. En esta realización, la unidad de conformación óptica 12 es un espejo proporcionado por la interfaz de reflexión 10. La unidad de conformación óptica 12 puede estar configurada para reducir la divergencia del haz de luz dirigido a ella. Por lo tanto, el dispositivo óptico 1 puede proporcionar un haz de luz enfocado o incluso colimado.

45

50

55

60

El dispositivo óptico 1 comprende además una segunda guía de ondas secundaria 13 y guías de ondas secundarias adicionales 14 formadas con el sustrato 2, cada una para guiar un haz de luz. La guía de ondas primaria 4 está acoplada a la segunda guía de ondas secundaria 13 y a cada una de las guías de ondas secundarias adicionales 14. Cada una de la segunda guía de onda secundarias y guías de onda secundarias adicionales 13, 14 se curva hacia la superficie límite 3 del sustrato 2 para dirigir el haz de luz a la estructura óptica 6, cada una en una posición diferente. La unidad de conformación óptica 12 es una primera unidad de conformación óptica y la estructura óptica 1 comprende además una segunda unidad de conformación óptica 15 y otras unidades de conformación óptica 16. La segunda guía de ondas secundaria 13 dirige el haz de luz a la segunda unidad de conformación óptica 15. Cada una de las unidades de conformación óptica adicionales 16 corresponde a una de las guías de ondas secundarias adicionales 14 y cada una de las guías de ondas secundarias adicionales 14 dirige el haz de luz a la respectiva unidad de conformación óptica adicional 16. La segunda unidad de conformación óptica 15 y las unidades de conformación óptica adicionales 16 también son espejos y se proporcionan sustancialmente por la interfaz de reflexión 10. La segunda unidad de conformación óptica 15 y las unidades de conformación óptica adicionales 16 pueden configurarse para reducir la divergencia del haz de luz dirigido a la unidad de conformación óptica respectiva 15, 16 y reflejarlos de modo que los haces de luz pasen el sustrato 2 sustancialmente perpendiculares a la primera superficie límite 3 y se emitan desde el dispositivo óptico 1 sustancialmente perpendiculares a la segunda superficie límite 11.

La región limítrofe 7 del sustrato 2 que entra en contacto con la superficie límite 3 también está dispuesta al menos parcialmente en una trayectoria óptica entre las segundas guías de ondas secundarias 13 y la estructura óptica 6 y en una trayectoria óptica entre las guías de ondas secundarias adicionales 14 y la estructura óptica 6.

Por lo tanto, el dispositivo óptico 1 puede proporcionar una serie de haces de luz perpendiculares, que están enfocados o incluso colimados. El dispositivo óptico 1 puede usarse en una unidad de retroiluminación de un panel de visualización, donde cada haz de luz puede iluminar un (sub)píxel. Para este propósito, se puede disponer una pila de pantalla de cristal líquido 17 adyacente a la segunda superficie límite 11.

La Fig. 2 muestra esquemáticamente una segunda realización del dispositivo óptico 1. La segunda realización es similar a la primera realización. Por lo tanto, los elementos similares y los elementos que cumplen funciones similares se indican con los mismos números de referencia que en el contexto de la primera realización y solo se señalan las diferencias.

En esta realización, la estructura óptica 1 comprende una interfaz de transmisión 18 diferente de la primera superficie límite 3. Los haces de luz dirigidos por la primera, la segunda y otras guías de onda secundarias 5, 13, 14 se transmiten a través de la interfaz de transmisión 18. La interfaz de transmisión 18 es una superficie límite entre la estructura óptica y el aire, lo que resulta en un ángulo crítico significativo de reflexión interna total. Dado que todo el haz de luz no debe reflejarse internamente, la interfaz de transmisión está estructurada de tal manera que los haces de luz incidan en la interfaz de transmisión 18 en un ángulo más profundo que el ángulo bajo el cual inciden en la primera superficie límite 3. Por lo tanto, los haces de luz inciden en la interfaz de transmisión 18 en un ángulo de entre  $70^\circ$  y  $110^\circ$ .

La estructura óptica 6 comprende además una interfaz de reflexión 10. La luz transmitida a través de la interfaz de transmisión 18 incide en la interfaz de reflexión 10 y se refleja de tal manera que se emite desde el dispositivo óptico 1 perpendicularmente a la primera superficie límite 3 (con respecto al centro del haz). Por lo tanto, en la segunda realización, el haz de luz se emite desde el dispositivo óptico 1 en la dirección opuesta en comparación con la primera realización. Por tanto, la pila de pantalla de cristal líquido 17 también se proporciona en el lado opuesto en comparación con la primera realización. La interfaz de reflexión 10 puede lograrse mediante un recubrimiento parcial de la estructura óptica 6 en su cara orientada en sentido contrario a la primera superficie límite 3, mientras que las secciones de la interfaz de transmisión 18 no están recubiertas.

La sección de la interfaz de reflexión 10 y/o la sección de la interfaz de transmisión 18 a la que se dirige cada haz de luz puede formar una primera, segunda y otra unidad de conformación óptica 12, 15, 16 respectiva que reduce la divergencia del haz de luz respectivo dirigido a ella. Para este propósito, la sección respectiva de la interfaz de reflexión 10 y/o la interfaz de transmisión 18 puede ser, por ejemplo, curva.

La Fig. 3 ilustra el efecto de la reflexión interna total sobre la luz polarizada s y p de la luz parásita emitida perpendicularmente a la primera superficie límite 3 con un semiángulo de apertura de  $4,35^\circ$  y de la luz útil emitida por una de la primera, la segunda y la otra guía de ondas secundaria 5, 13, 14 con un ángulo de  $12^\circ$  medido con respecto a la primera superficie límite 3 y un semiángulo de apertura de  $4,35^\circ$ . Se supone que el índice de refracción del sustrato 2 en la región limítrofe 7 es 1,5185 (para una longitud de onda de 450 nm), 1,5134 (para 520 nm) y 1,5080 (para 638 nm - en la gráfica todos los colores se superponen) y la abscisa muestra la diferencia de índice de refracción del índice de refracción del sustrato 2 en la región limítrofe y el

índice de refracción de la estructura de contacto 8. La ordenada muestra el porcentaje de la potencia de los haces de luz de la luz útil y la luz parásita totalmente reflejada internamente en la primera superficie límite 3. Se puede observar que con una diferencia de índice de refracción de, por ejemplo, 0,008, la luz útil y la luz parásita se pueden separar de manera efectiva.

5

Cabe señalar que la Fig. 3 es una aproximación, ya que los conos de semiángulo utilizados para la Fig. 3 no representan completamente la física de un haz gaussiano, sino que abarcan solo el 86 % de la potencia del haz. Por lo tanto, puede ser deseable crear una mayor diferencia de ángulo ajustando los ángulos de emisión de las guías de ondas secundarias.

10

Las Figs. 4A y 4B cada una muestran una simulación de Zemax OpticStudio (R). En una faceta en el lado derecho del sustrato 2, se coloca una fuente de luz parásita en un ángulo de apertura media de  $0^\circ$  y  $4,35^\circ$ . En la Fig. 4A, se utiliza una estructura de contacto (no visible) que tiene un índice de refracción mayor que el índice de refracción del sustrato. En la Fig. 4B se utiliza una estructura de contacto (no visible) que tiene un índice de refracción menor que el índice de refracción del sustrato. En ambos casos, la estructura de contacto entra en contacto con la primera superficie límite 3. La estructura de contacto es parte de una estructura óptica, que comprende microespejos. Se puede observar que en la Fig. 4A, la luz parásita alcanza los microespejos y, por lo tanto, abandona el dispositivo óptico 1 en la segunda superficie límite 11. Por otro lado, en la Fig. 4B, toda la luz parásita es totalmente reflejada internamente y abandona el sustrato 2 en una faceta del lado izquierdo, donde puede ser absorbida.

20

La Fig. 5 muestra esquemáticamente una vista superior de una tercera realización del dispositivo óptico 1 y la Fig. 6 muestra esquemáticamente una vista en sección de la tercera realización del dispositivo óptico 1 en una sección perpendicular al plano de la página de la Fig. 5.

25

Esta realización del dispositivo óptico 1 es particularmente útil como un emisor en Y, por ejemplo, para pantallas láser de escaneo montadas en la cabeza. Estas pantallas utilizan actualmente diodos láser RGB muy próximos entre sí ( $>300 \mu\text{m}$ ) y un espejo de escaneo para proyectar una imagen en el ojo. Un problema que se encuentra en estas pantallas es que el mayor espacio entre diodos láser disminuye la calidad de la imagen y, por lo tanto, los puntos de emisión deben colocarse lo más cerca posible. En general, esto se puede hacer utilizando las técnicas descritas en el documento EP 3599541 A1. Sin embargo, dicho enfoque afronta el obstáculo ya descrito en esta descripción: luz parásita/ruido. Dado que los diodos láser se acoplarán imperfectamente a las guías de onda (de manera realista hasta un 80 %), una parte significativa de la luz saldrá del emisor en Y de una manera no deseada y disminuirá la calidad de la imagen. Este problema puede resolverse con el dispositivo óptico 1 de la presente descripción, en particular con el dispositivo óptico 1 según la tercera y cuarta realización.

30

35

El dispositivo óptico 1 de la tercera realización comprende un sustrato 2 con una primera superficie límite 3 y con una región limítrofe 7 en contacto con la primera superficie límite 3. Además, el sustrato comprende una estructura óptica 6. El dispositivo óptico 1 comprende una primera fuente de luz externa 20, una segunda fuente de luz externa 21 y una tercera fuente de luz externa 22. Se proporciona una primera guía de ondas primaria 4 para recibir un haz de luz desde la primera fuente de luz externa 20, una segunda guía de ondas primaria 23 (es decir, una guía de ondas primaria adicional) para recibir un haz de luz desde la segunda fuente de luz externa 21 y una tercera guía de ondas primaria 24 (es decir, otra guía de ondas primaria adicional) para recibir un haz de luz desde la tercera fuente de luz externa 22. La primera, segunda y tercera guías de ondas primarias 4, 23, 24 se forman cada una dentro del sustrato. La primera guía de ondas primaria 4 está conectada a una primera guía de ondas (secundaria) 5. Están formadas, en particular, como una sola guía de ondas. La segunda guía de ondas primaria 23 está conectada a una segunda guía de ondas (secundaria) 25 (es decir, una guía de ondas adicional). Están formadas, en particular, como una sola guía de ondas. La tercera guía de ondas primaria 24 está conectada a una tercera guía de ondas (secundaria) 26 (es decir, otra guía de ondas adicional). Están formadas, en particular, como una sola guía de ondas.

40

45

50

Cada una de la primera, segunda y tercera guías de onda 5, 25, 26 se curva hacia la superficie límite 3 del sustrato 2 para dirigir el haz de luz a la estructura óptica 6. La región limítrofe 7 está dispuesta al menos parcialmente en una trayectoria óptica entre la primera guía de ondas 5 y la estructura óptica 6, la segunda guía de ondas 25 y la estructura óptica 6, y la tercera guía de ondas 26 y la estructura óptica 6. La estructura óptica 6 comprende una estructura de contacto 8 que entra en contacto con la región limítrofe 7 en la superficie límite 3. La estructura de contacto 8 tiene un índice de refracción, que es inferior al índice de refracción del sustrato 2 en la región limítrofe 7. De este modo, la luz parásita 9 no alcanzará la estructura óptica 6 y abandonará el sustrato 2 por la cara del lado derecho.

55

60

Como se puede observar en la Fig. 5, la primera, segunda y tercera guía de ondas 5, 25, 26 se acercan entre sí,

de modo que el dispositivo óptico 1 produce tres haces de luz muy próximos entre sí. La primera guía de ondas 5 dirige el haz de luz a una unidad de conformación óptica 12 de la estructura óptica 6 y la segunda guía de ondas 25 y la tercera guía de ondas 26 dirigen cada una el haz de luz a una unidad de conformación óptica adicional respectiva de la estructura óptica 6. Las estructuras de conformación óptica 12 están configuradas para reducir la divergencia del haz de luz dirigido a ellas. Las estructuras de conformación óptica 12 están formadas por una interfaz de reflexión 10 de la estructura óptica 6. En consecuencia, los haces de luz se emiten desde una segunda superficie límite 11 del sustrato 2 opuesta a la primera superficie límite 3.

La Fig. 7 muestra esquemáticamente una cuarta realización del dispositivo óptico 1. La cuarta realización es similar a la tercera realización. Por lo tanto, los elementos similares y los elementos que cumplen funciones similares se indican con los mismos números de referencia que en el contexto de la tercera realización y solo se señalan las diferencias.

La cuarta realización difiere de la tercera realización en que se proporciona una interfaz de transmisión 18 en lugar de una interfaz de reflexión 10. Por lo tanto, los haces de luz se emiten desde el dispositivo óptico 1 en la dirección opuesta.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo óptico (1) para controlar la luz que comprende
  - 5 - un sustrato (2) con una superficie límite (3) y con una región limítrofe (7) en contacto con la superficie límite (3),
  - una guía de ondas (5) formada dentro del sustrato (2) para guiar un haz de luz, y
  - una estructura óptica (6), donde la guía de ondas (5) se curva hacia la superficie límite (3) del sustrato (2) para dirigir el haz de luz a la estructura óptica (6), donde la región limítrofe (7) está dispuesta al menos
  - 10 parcialmente en una trayectoria óptica entre la guía de ondas (5) y la estructura óptica (6), donde se proporciona una estructura de contacto (8) que entra en contacto con la región limítrofe (7) en la superficie límite (3), caracterizado porque la estructura de contacto (8) tiene un índice de refracción, que es menor que el índice de refracción del sustrato (2) en la región limítrofe (7).
- 15 2. Dispositivo óptico (1) según la reivindicación 1, donde la guía de ondas (5) dirige el haz de luz en un ángulo de emisión en la superficie límite (3) y una diferencia de índice de refracción del índice de refracción de la estructura de contacto (8) y el índice de refracción del sustrato (2) en la región limítrofe (7) es tal que el ángulo crítico de la superficie límite (3) en el lado del sustrato (2) es mayor que el ángulo de emisión, donde el ángulo de emisión y el ángulo crítico se miden desde una normal de la superficie límite (3).
- 20 3. Dispositivo óptico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde una diferencia de índice de refracción del índice de refracción de la estructura de contacto (8) y el índice de refracción del sustrato (2) en la región limítrofe (7) es tal que el ángulo crítico de la superficie límite (3) en el lado del sustrato (2) es menor que el ángulo crítico de un límite de la guía de ondas (5) con el sustrato (2) en el lado
- 25 de la guía de ondas (5), donde el ángulo crítico de la superficie límite (3) se mide desde una normal de la superficie límite (3) y el ángulo crítico del límite de la guía de ondas (5) se mide desde una normal del límite de la guía de ondas (5).
4. Dispositivo óptico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde una
- 30 diferencia de índice de refracción del índice de refracción de la estructura de contacto (8) y el índice de refracción del sustrato (2) en la región limítrofe (7) está entre 0,0001 y 0,1.
5. Dispositivo óptico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la estructura de
- 35 contacto (8) tiene un índice de refracción diferente al de un material de la estructura óptica (6).
6. Dispositivo óptico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la
- estructura óptica (6) comprende una interfaz de reflexión (10) para reflejar el haz de luz dirigido a la estructura
- 40 óptica (6) por la guía de ondas (5), en particular hacia la superficie límite (3) del sustrato (2), donde la interfaz de reflexión (10) es proporcionada opcionalmente por un recubrimiento reflectante.
7. Dispositivo óptico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la
- estructura óptica (6) comprende una interfaz de transmisión (18) diferente de la superficie límite (3) del sustrato
- (2) dispuesta de manera que el haz de luz dirigido a la estructura óptica (6) se emite desde la interfaz de
- 45 transmisión (18).
8. Dispositivo óptico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la
- estructura óptica (6) comprende una unidad de conformación óptica (12) y la guía de ondas (5) está configurada
- para dirigir el haz de luz a la unidad de conformación óptica (12), donde la unidad de conformación óptica (12)
- 50 está configurada para reducir la divergencia del haz de luz dirigido a ella.
9. Dispositivo óptico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende
- una guía de ondas primaria (4) formada dentro del sustrato (2) para recibir un haz de luz desde una fuente de
- luz externa, donde la guía de ondas primaria (4) está conectada o acoplada a la guía de ondas (5).
- 55 10. Dispositivo óptico (1) según la reivindicación 9, que comprende la fuente de luz externa.
11. Dispositivo óptico (1) según la reivindicación 9 o 10, donde la guía de ondas primaria (4)
- comprende una interfaz (19) para recibir el haz de luz de la fuente de luz externa y la guía de ondas primaria (4)
- se extiende desde la interfaz (19) sustancialmente paralela a la superficie límite (3).
- 60 12. Dispositivo óptico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, donde la guía de
- ondas (5) es una primera guía de ondas secundaria (5) y el dispositivo óptico (1) comprende además al menos

una segunda guía de ondas secundaria (13) formada dentro del sustrato (2) para guiar un haz de luz, donde la guía de ondas primaria (4) está acoplada a la segunda guía de ondas secundaria (13) y la segunda guía de ondas secundaria (13) se curva hacia la superficie límite (3) del sustrato (2) para dirigir el haz de luz a la estructura óptica (6) en una posición diferente a la primera guía de ondas secundaria (5).

5

13. Dispositivo óptico (1) según la reivindicación 8 y según la reivindicación 12, donde

la unidad de conformación óptica (12) es una primera unidad de conformación óptica (12) y la estructura óptica (6) comprende al menos una segunda unidad de conformación óptica (15) y la segunda guía de ondas secundaria (13) dirige el haz de luz a la segunda unidad de conformación óptica (15), donde la segunda unidad de conformación óptica (15) está configurada para reducir la divergencia del haz de luz dirigido a ella.

10

14. Dispositivo óptico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, que comprende al menos una guía de ondas primaria adicional (23, 24) formada dentro del sustrato (2) para recibir un haz de luz desde al menos una fuente de luz externa adicional (21, 22), donde la guía de ondas primaria adicional (23, 24) está conectada o acoplada a al menos una guía de ondas adicional formada dentro del sustrato (2) para guiar un haz de luz, donde la guía de ondas adicional se curva hacia la superficie límite del sustrato (2) para dirigir el haz de luz en la estructura óptica (6).

15

20

15. Unidad de retroiluminación que comprende el dispositivo óptico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

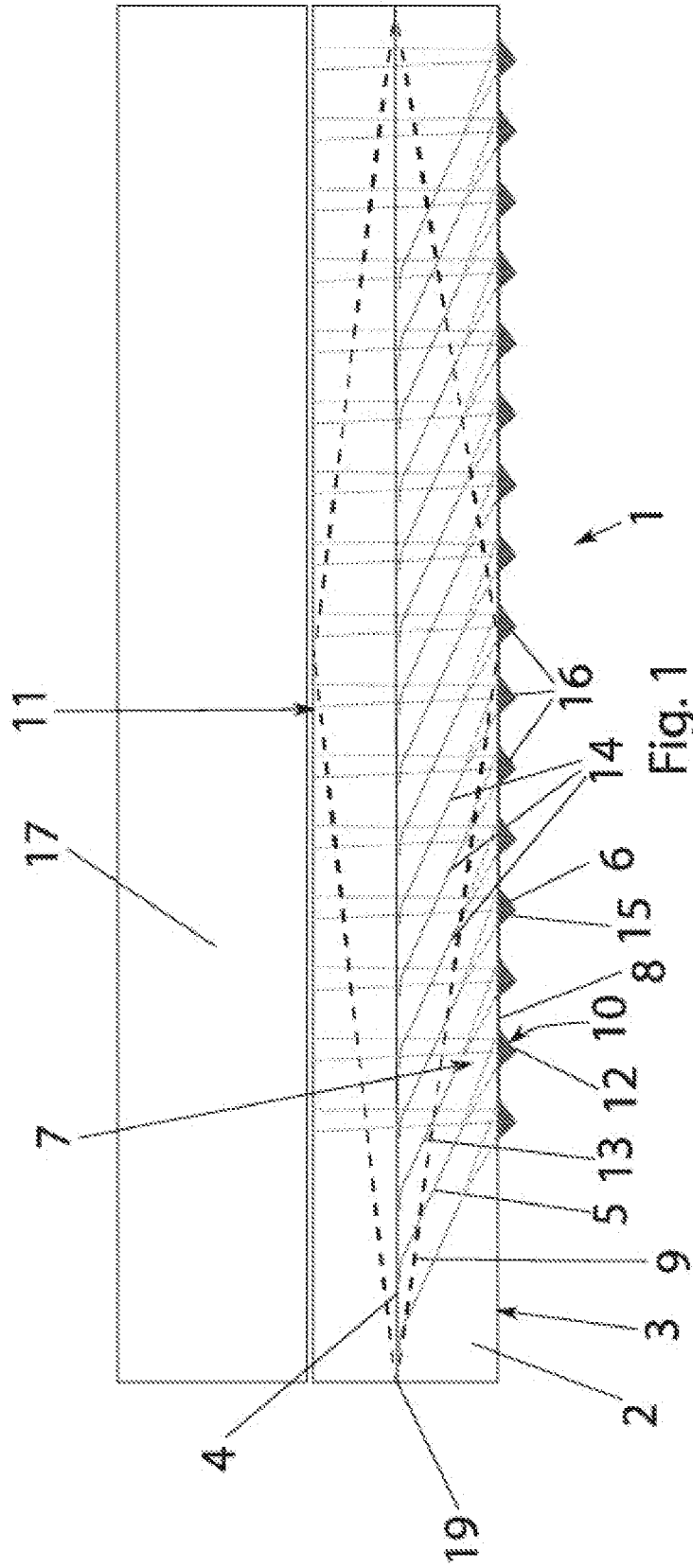


Fig. 1

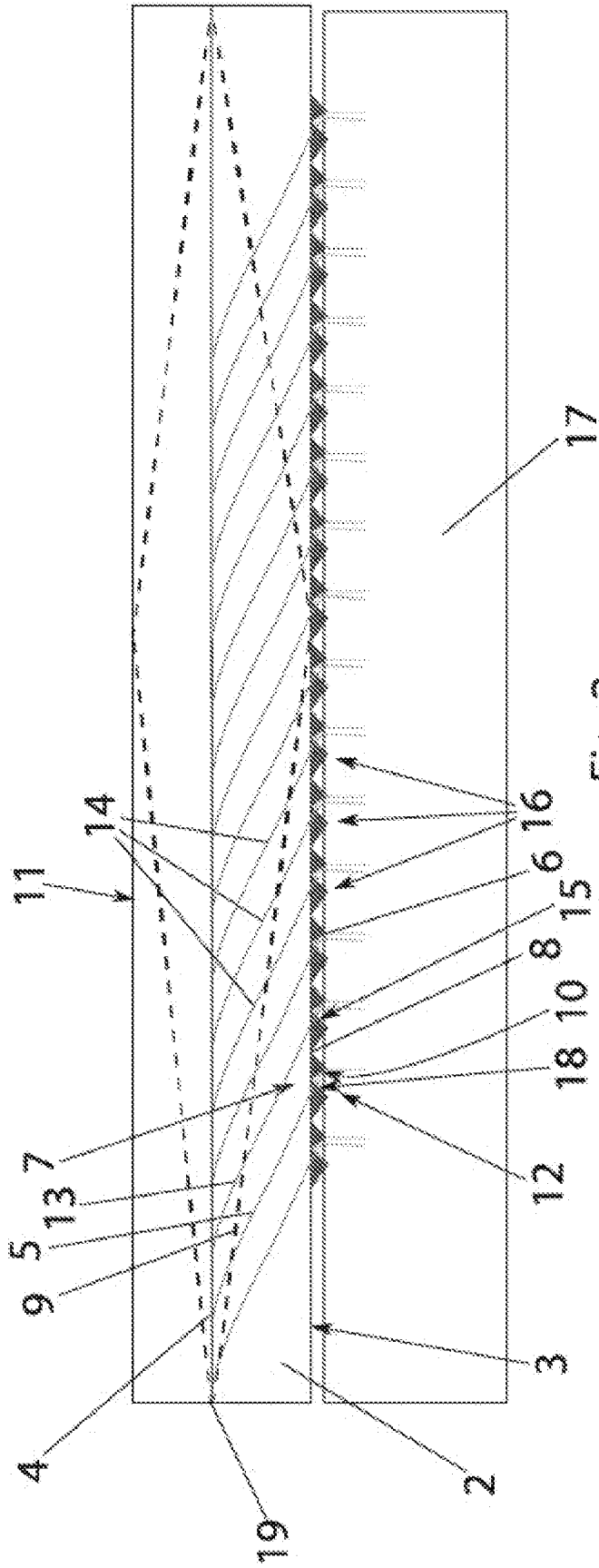


Fig. 2

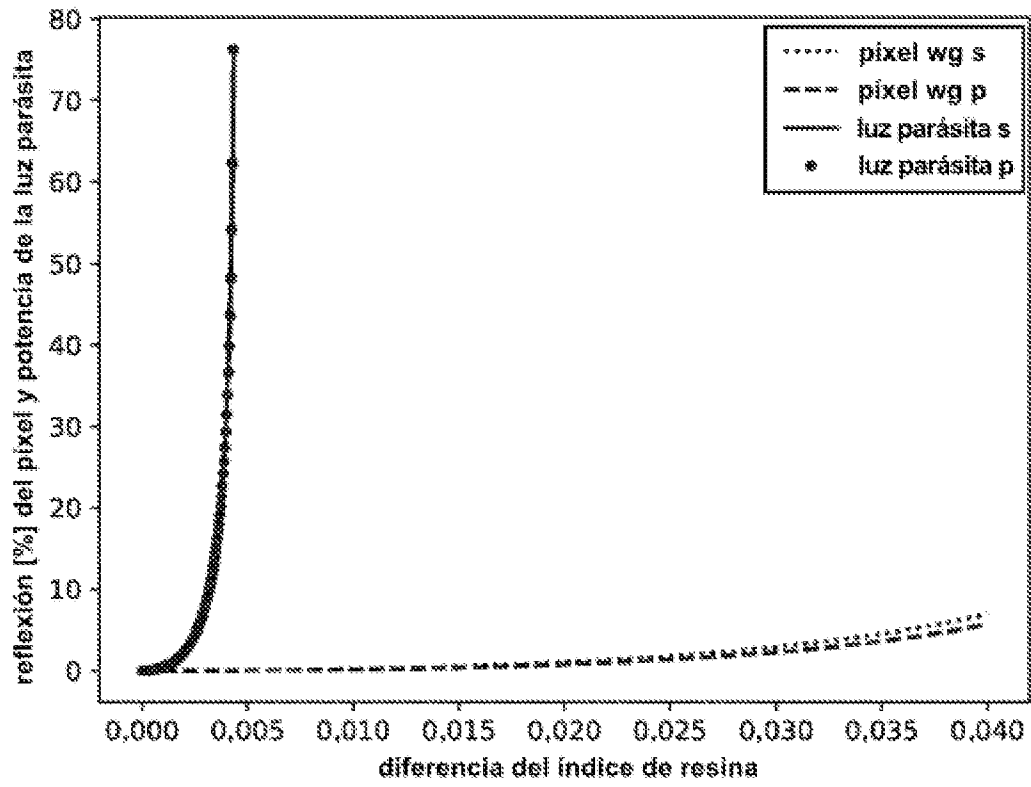
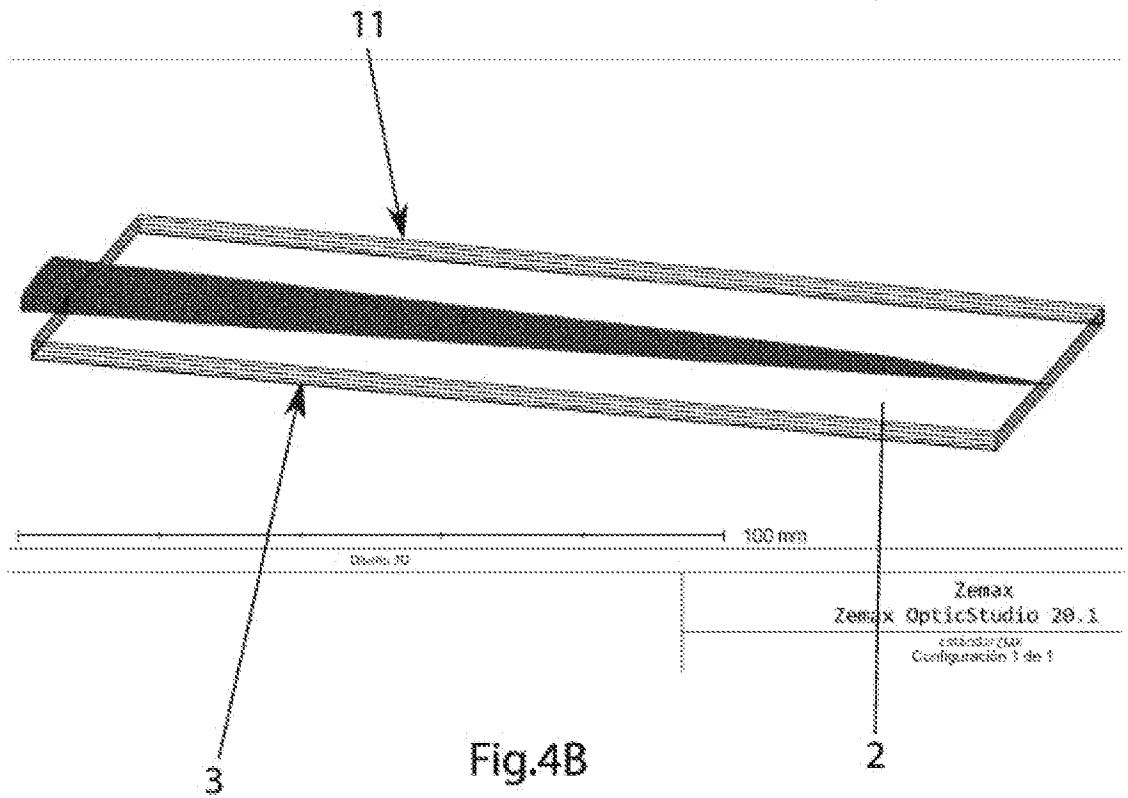
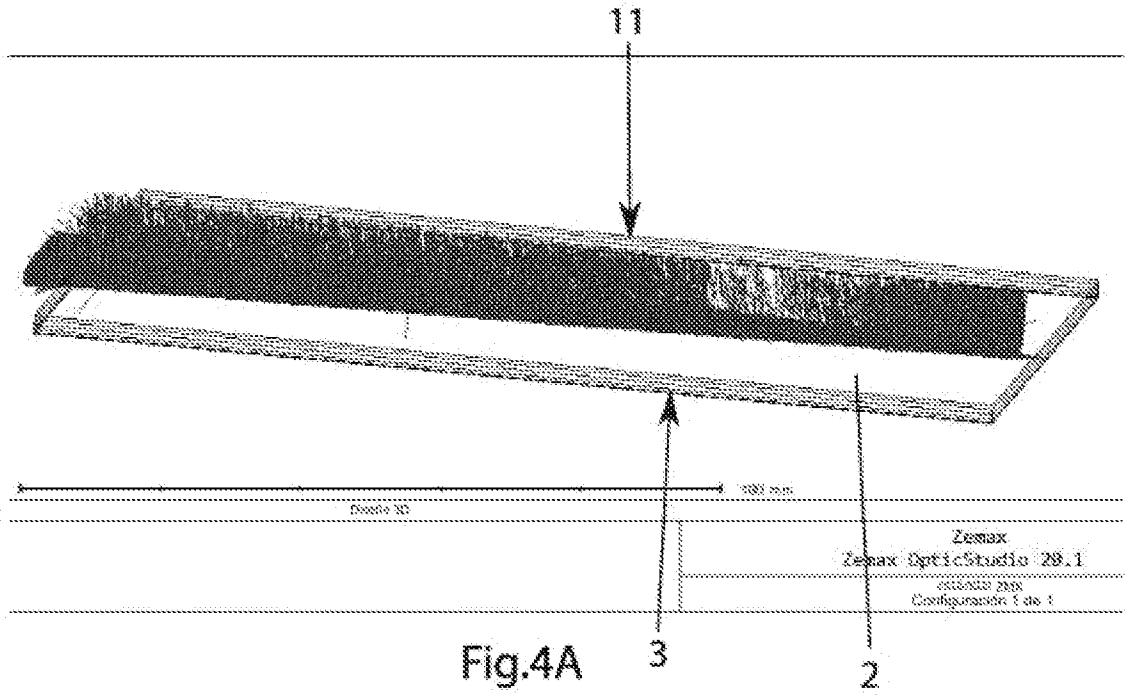


Fig. 3



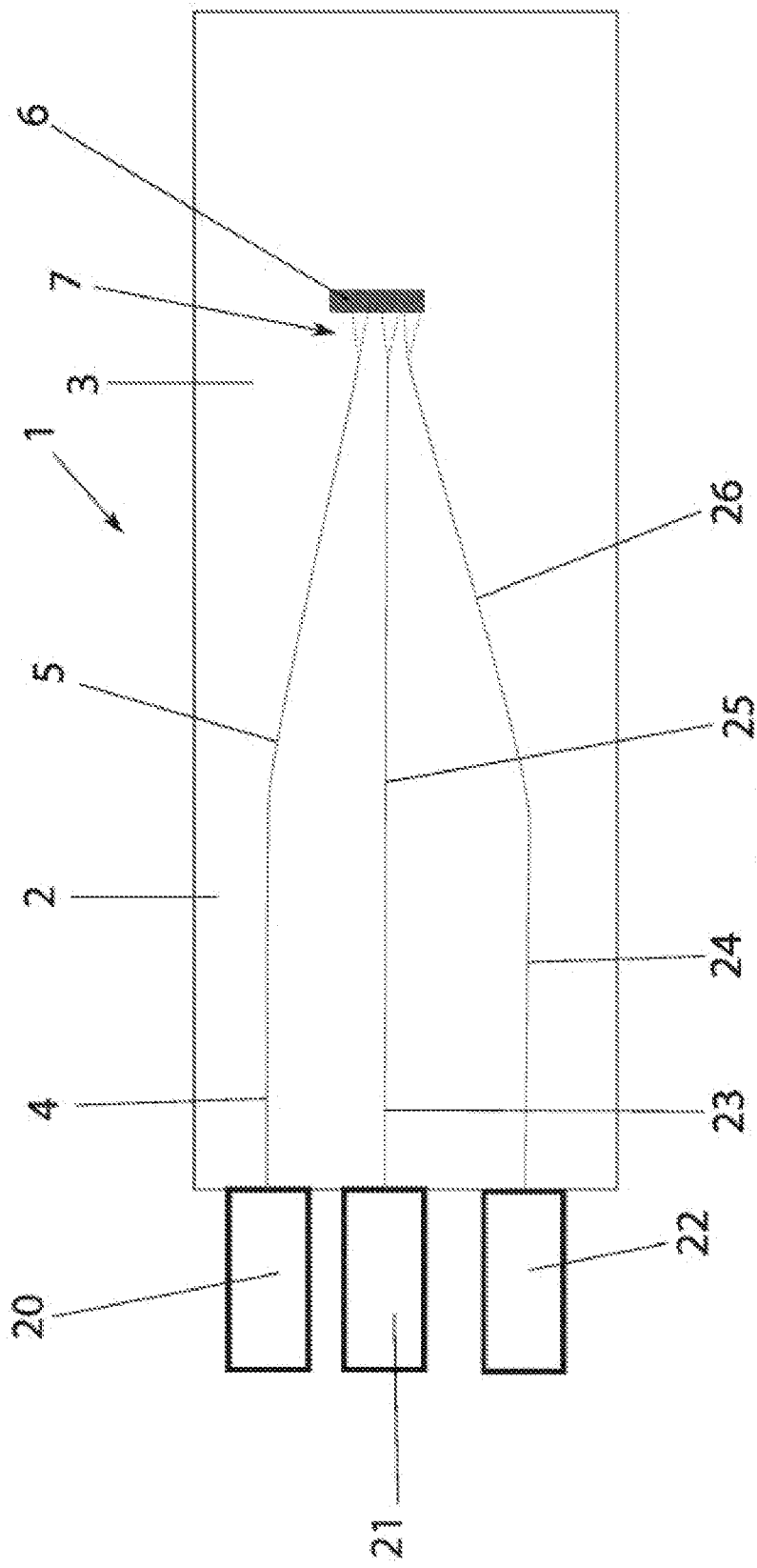


Fig. 5



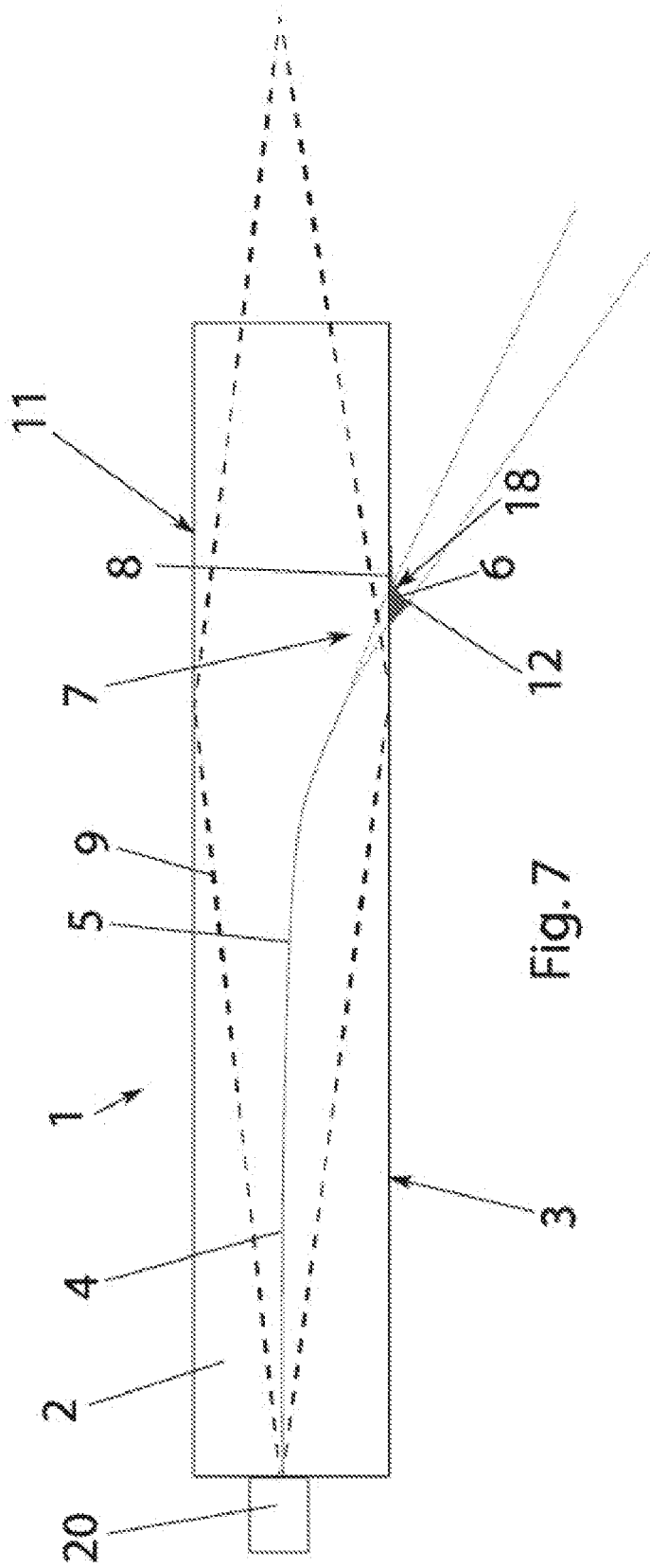


Fig. 7