

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 848**

51 Int. Cl.:

**G02B 27/09** (2006.01)

**G02B 19/00** (2006.01)

**B64D 47/06** (2006.01)

**H05B 37/03** (2006.01)

**H05B 33/08** (2006.01)

**F21Y 115/10** (2006.01)

**F21W 107/30** (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2013 E 13197774 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2886941**

54 Título: **Unidad de luz de aeronave y aeronave que tiene dicha unidad de luz de aeronave**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**29.10.2019**

73 Titular/es:

**GOODRICH LIGHTING SYSTEMS GMBH (100.0%)**  
**Bertramstrasse 8**  
**59557 Lippstadt, DE**

72 Inventor/es:

**JHA, ANIL KUMAR**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 728 848 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**

Unidad de luz de aeronave y aeronave que tiene dicha unidad de luz de aeronave

La invención se refiere a sistemas de iluminación exterior para aeronave. En particular, se refiere a una unidad de luz de aeronave con uno o más ledes.

5 Todas aeronaves tienen luces exteriores. Estas luces se proporcionan para una amplia variedad de finalidades, tales como para permitir a los pasajeros y/u operarios ver el exterior, para visibilidad pasiva, por motivos de señalización, etc. En la industria de aeronaves, las luces exteriores están sumamente reguladas desde el punto de vista de las distribuciones de intensidad de luz que son emitidas desde las luces.

10 En los últimos años, las unidades de luz led se han convertido comunes en la industria de aeronaves. A fin de satisfacer los estrictos reglamentos, se han desarrollado estructuras ópticas complejas que comprenden diversos ledes, reflectores y obturadores. Estas estructuras complejas llevan a que las unidades de luz led no satisfagan los reglamentos de manera energéticamente eficiente.

15 También existe iluminación basada en ledes en otros campos de tecnología. El documento US 2010/03027861 A1 describe una lente para distribución de luz predominantemente hacia un lado preferencial desde un emisor de luz que tiene un eje de emisor y que define un plano de emisor. La lente tiene un extremo base adyacente al emisor que forma una abertura de recepción de emisor para una cavidad circundante al emisor definida por una superficie interior que incluye un sector delantero centrado en el lado preferencial y un sector posterior centrado en el lado no preferencial radialmente opuesto al lado preferencial. Los sectores delantero y posterior difieren en sus respectivas configuraciones para refractar luz desde el emisor. La lente incluye además una superficie posterior primaria  
20 posicionada para recibir luz de al menos una parte del sector posterior de superficie interior y configurada para reflexión interna total (TIR) de la misma. El sector posterior de superficie interior y la superficie posterior primaria se extiende a lo largo de secciones transversales sustancialmente elípticas en planos sustancialmente paralelos al plano de emisor. El extremo base adyacente al emisor forma una abertura posterior para una cavidad posterior sustancialmente centrada en el lado no preferencial y parcialmente limitado por la superficie posterior primaria.

25 Sería beneficioso proporcionar una unidad de luz de aeronave que haga un uso más eficiente de la capacidad de iluminación led. Además, sería beneficioso proporcionar un método para sustituir unidades de luz de aeronave existentes, por ejemplo cuando se usan durante mucho tiempo o se rompen, con dichas mejores unidades de luz de aeronave, mientras se mantiene el cableado de los sistemas de suministro de energía.

30 En la reivindicación independiente adjunta 1 se define una aeronave que comprende una unidad de luz de aeronave según la invención. En la reivindicación independiente adjunta 14 se define un método para sustituir una unidad de luz usada según la invención.

En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones adicionales.

35 La unidad de luz de aeronave comprende una parte de soporte, una fuente de luz que tiene al menos un led, la fuente de luz se dispone en la parte de soporte y en funcionamiento emite luz con una distribución de intensidad de luz de lado fuente, y un elemento óptico para transformar la distribución de intensidad de luz de lado fuente en una distribución de intensidad de luz de salida. El elemento óptico tiene al menos dos segmentos de transformación, que cubren diferentes intervalos angulares de la distribución de intensidad de luz de lado fuente en un primer plano de sección transversal, los al menos dos segmentos de transformación comprenden un primer segmento de transformación, la luz desde la fuente de luz experimenta reflexión interna total dentro del elemento óptico en el  
40 primer segmento de transformación y es empaquetada en una región de pico de la distribución de intensidad de luz de salida, y al menos un segmento de transformación adicional, la luz desde la fuente de luz experimenta refracción únicamente en el al menos un segmento de transformación adicional.

45 La aportación de diversos segmentos de transformación permite adaptar la unidad de luz de aeronave para que proporcione una distribución deseada de intensidad de luz de salida de manera energéticamente eficiente. En particular, se puede satisfacer de manera energéticamente eficiente una multiplicidad de requisitos de salida de luz, como son comunes en el campo de iluminación de aeronaves. Además en particular, la luz desde un intervalo angular extendido de la distribución de intensidad de luz de lado fuente se puede empaquetar para que contribuya o forme un pico en la distribución de intensidad de luz de salida. De esta manera, una dirección de salida particular de la unidad de luz de aeronave con un requisito de intensidad alta, tal como la dirección hacia delante de la aeronave,  
50 es decir, la dirección longitudinal del cuerpo de la aeronave puede estar provista de la cantidad requerida de luz de manera energéticamente eficiente. La reflexión interna total dentro del elemento óptico es un medio eficiente de lograr el empaquetamiento sin necesidad de estructuras ópticas adicionales aparte de dicho elemento óptico. Por consiguiente, la unidad de luz de aeronave permite formar eficientemente una región de pico en la distribución de intensidad de luz de salida, mientras que al mismo tiempo permite satisfacer requisitos adicionales de salida de luz a  
55 través de las propiedades de refracción del elemento óptico en los segmentos de transformación adicionales.

- Se debe señalar que el término reflexión interna total no requiere que la luz permanezca dentro del volumen del elemento óptico. En cambio, significa que la luz desde la fuente de luz va a través de un caso de reflexión interna total en una superficie adecuada del elemento óptico antes de dejar el elemento óptico y contribuir a la distribución de intensidad de luz de salida. Cabe señalar además que el término reflexión interna total no requiere que el 100 % de la luz en el primer segmento de transformación sea reflejado internamente. Es posible que la naturaleza transparente del elemento óptico permita que atraviesen cantidades de luz comparativamente muy pequeñas y sean refractadas en la superficie de reflexión interna total. Se contempla que tal comportamiento sea abarcado por la invención. En otras palabras, la luz desde la fuente de luz experimenta reflexión interna sustancialmente total en el primer segmento de transformación.
- El término distribución de intensidad de luz del lado fuente se refiere a la distribución de intensidad de luz emitida por la fuente de luz en ausencia de estructuras ópticas adicionales, en particular en ausencia del elemento óptico. La distribución de intensidad de luz del lado fuente está presente en el lado fuente del elemento óptico, es decir, en el interior del elemento óptico. La distribución de intensidad de luz del lado fuente puede tener un ángulo de apertura de 180° en el primer plano de sección transversal. En otras palabras, puede cubrir el semiplano entero por encima de la parte de soporte. En incluso otras palabras, la distribución de intensidad de luz del lado fuente puede tener un ángulo de apertura desde -90° a +90° con respecto a una dirección de emisión de luz principal, que es normal a la parte de soporte.
- El primer plano de sección transversal puede ser cualquier plano de sección transversal a través de la unidad de luz de aeronave, es decir, cualquier plano que sea ortogonal a la parte de soporte de la unidad de luz de aeronave. Convenientemente, el primer plano de sección transversal es un plano a través de la unidad de luz de aeronave que más tarde en uso corresponde a un plano para el que se definen valores requeridos de intensidad de luz, tal como el plano horizontal. El primer plano de sección transversal puede discurrir a través del centro de la unidad de luz de aeronave.
- Según una realización adicional, dicha región de pico en la distribución de intensidad de luz de salida tiene un ángulo de apertura de menos de 20°, en particular entre 5° y 15°, más en particular aproximadamente 10° en el primer plano de sección transversal. De esta manera, se logra un empaquetamiento de luz particularmente fuerte, que permite satisfacer requisitos de alta intensidad de luz para regiones angulares estrechas.
- Según una realización adicional, el primer segmento de transformación cubre un intervalo angular entre 20° y 40°, en particular alrededor de 30° de la distribución de intensidad de luz de lado fuente en el primer plano de sección transversal. De esta manera, la luz de un intervalo angular más grande sobre el lado de fuente de luz se concentra dentro de la región de pico estrecha, a través de la que se logra un empaquetamiento de luz energéticamente eficiente. En la región de pico se crea un haz de salida con un pequeño ángulo de apertura, con el haz alimentado desde una región angular más grande de la fuente de luz para intensidad de luz aumentada.
- Según una realización adicional, la luz desde la fuente de luz experimenta refracción en una superficie interior del elemento óptico en el primer segmento de transformación, antes de experimentar reflexión interna total. En otras palabras, la luz desde la fuente de luz se refracta en la superficie interior del elemento óptico, antes de ser reflejada en la superficie de reflexión interna total, permaneciendo dentro del cuerpo del elemento óptico, antes de ser pasada luego al exterior de la unidad de luz de aeronave en la superficie exterior del elemento óptico. De esta manera, el empaquetamiento de la luz en el primer segmento de transformación es proporcionado conjuntamente por la refracción en la superficie interior y la reflexión interna total. Por consiguiente, al proporcionar dos superficies ópticas, se proporcionan más grados de libertad para lograr el empaquetamiento deseado. Esto permite proporcionar superficies ópticas mejor definidas y más fáciles de producir. En particular, es posible que la superficie interior del elemento óptico y/o la superficie de reflexión interna total tengan la forma de una línea recta en el primer plano de sección transversal, que lleva a un comportamiento óptico bien definido. Además es posible que la superficie interior del elemento óptico en el primer segmento de transformación y/o la superficie de reflexión interna total sean planas, dentro y fuera del primer plano de sección transversal.
- Según una realización adicional, el al menos un segmento de transformación adicional comprende un segundo segmento de transformación, la luz desde la fuente de luz experimenta refracción en una superficie interior del elemento óptico y refracción en una superficie exterior del elemento óptico en el segundo segmento de transformación. Al proporcionar dos superficies refractivas para transformar la distribución de intensidad de luz de lado fuente, la luz desde el al menos un led puede ser redirigida eficientemente, mientras se permite tener en cuenta factores adicionales. Por ejemplo, la superficie interior puede formarse para que tome exactamente la cantidad de luz deseada de la fuente de luz. En otro ejemplo, las superficies interior y exterior se pueden diseñar de manera que se alcance la transformación deseada, mientras sea fácil de producir y/o llevar a un grosor bajo del elemento óptico.
- Según una realización adicional, la superficie interior del elemento óptico es convexa, cuando se ve desde la fuente de luz, en el segundo segmento de transformación. De esta manera, la parte de la superficie interior del elemento óptico sobresale del resto de la superficie interior en el segundo segmento de transformación, permitiendo una recepción de luz aumentada en comparación con una estructura cóncava. También, la estructura convexa permite colimación o alineación de la luz desde la fuente de luz, a través de la que se puede lograr convenientemente la

distribución deseada de intensidad de luz de salida en la superficie exterior del segundo segmento de transformación. La superficie exterior del elemento óptico puede ser cóncava, cuando se ve desde fuera de la unidad de luz de aeronave, en el segundo segmento de transformación.

5 Según una realización adicional, el segundo segmento de transformación cubre un intervalo angular entre 30° y 70°, en particular entre 40° y 60°, más en particular de aproximadamente 50° de la distribución de intensidad de luz de lado fuente en el primer plano de sección transversal. De esta manera, hay disponible luz de un intervalo angular bastante grande para la transformación con los dos casos de refracción, como se ha tratado anteriormente. Hay disponible un montón de luz para una transformación eficiente con pocas restricciones.

10 Según una realización adicional, la luz que deja el segundo segmento de transformación contribuye parcialmente a la región de pico de la distribución de intensidad de luz de salida y parcialmente a una región de intensidad media de la distribución de intensidad de luz de salida. De esta manera, la gran cantidad de luz recibida por el segundo segmento de transformación se divide entre la región de pico y la región de intensidad media, uniéndose de ese modo con la luz del primer segmento de transformación para un pico de luz deseado y formando adicionalmente una región adyacente de intensidad media para satisfacer una intensidad de luz deseada fuera de la región de pico.

15 Según una realización adicional, el al menos un segmento de transformación adicional comprende un tercer segmento de transformación, la luz que deja el tercer segmento de transformación forma una región de intensidad baja de la distribución de intensidad de luz de salida. De esta manera, se pueden formar tres segmentos de distribución de intensidad de luz deseada por medio de la aportación de tres segmentos de transformación correspondientes del elemento óptico. Una adaptación individual de los segmentos de transformación con respecto a los requisitos  
20 respectivos permite un uso particularmente eficiente de la potencia de luz disponible y una optimización individual de los segmentos de transformación con respecto a su transformación de luz, propiedades de fabricación y volumen de material.

25 Según una realización adicional, la región de intensidad media de la distribución de intensidad de luz de salida tiene un ángulo de apertura de menos de 20°, en particular entre 5° y 15°, más en particular aproximadamente 10° en el primer plano de sección transversal.

Según una realización adicional, la región de intensidad baja de la distribución de intensidad de luz de salida tiene un ángulo de apertura de más de 70°, en particular entre 80° y 100°, más en particular aproximadamente 90° en el primer plano de sección transversal.

30 Según una realización adicional, la luz desde la fuente de luz experimenta refracción en al menos una de la superficie interior del elemento óptico y la superficie exterior del elemento óptico en el tercer segmento de transformación. De esta manera, la distribución de luz puede formarse de manera deseada en el tercer segmento de transformación. También es posible que la luz experimente refracción tanto en la superficie interior como en la superficie exterior del elemento óptico, como se ha descrito anteriormente con respecto al segundo segmento de transformación. Sin embargo, también es posible que una o ambas de las superficies interior y exterior del elemento  
35 óptico sean esféricas en el tercer segmento de transformación, es decir, que las superficies interior y exterior sean segmentos de esfera en el tercer segmento de transformación. Esto permite una producción fácil del elemento óptico y un mero paso encima de la distribución de intensidad de luz de lado fuente al exterior de la unidad de luz de aeronave (suponiendo que la fuente de luz se concentra en el centro de la unidad de luz de aeronave).

40 Según una realización adicional, los segmentos de transformación segundo y tercero se disponen adyacentes entre sí y al menos una de la superficie interior y la superficie exterior del elemento óptico tiene un escalón entre los segmentos de transformación segundo y tercero. En términos matemáticos, se proporciona una transición no diferenciable en la superficie interior o en la superficie exterior o en ambas superficies entre los segmentos de transformación segundo y tercero. Esto permite una formación enteramente independiente de los dos segmentos y una optimización independiente de los mismos.

45 Según una realización adicional, la distribución de intensidad de luz de salida satisface un conjunto de requisitos de las Regulaciones Federales de Aviación (FAR, *Federal Aviation Regulation*) para luces de navegación hacia delante. En otras palabras, la distribución de intensidad de luz de salida supera los umbrales requeridos de intensidad de luz para ángulos particulares, adelantados por la FAR. La distribución de intensidad de luz de salida puede cumplir además con cortes de emisión de luz requeridos en ángulos particulares, adelantados por la FAR. Por ejemplo, la  
50 distribución de intensidad de luz de salida puede satisfacer los requisitos presentados en FAR 25.1391, FAR 25.1393, FAR 25.1395, etc.

55 Según una realización adicional, la distribución de intensidad de luz de salida es una envolvente de una pluralidad de valores requeridos de intensidad de luz. Por ejemplo, este tipo de curva envolvente se puede derivar de una pluralidad de valores deseados discretos de intensidad de luz, dados en la FAR. La aportación de la curva envolvente permite la producción de superficies interior y exterior continuas del elemento óptico, al menos dentro de los segmentos de transformación individuales. Dichas superficies continuas permiten una producción más fácil, por ejemplo a través de moldeo por inyección, en particular debido a su separación comparativamente fácil de un molde.

- Según una realización adicional, la fuente de luz es un único led. La transformación descrita anteriormente con la pluralidad de segmentos de transformación permite la satisfacción de requisitos de intensidad de luz de tal manera energéticamente eficiente que un único led puede ser suficiente para lograr la iluminación requerida para muchas aplicaciones. Esto a su vez mantiene bajos el consumo y el coste energéticos de la unidad de luz de aeronave. El único led puede tener una distribución gaussiana de intensidad de luz.
- Según una realización adicional, un espacio entre la fuente de luz y el elemento óptico está libre de obturadores y reflectores. De esta manera, se usa toda la capacidad de iluminación de la fuente de luz para lograr la distribución deseada de intensidad de luz de salida. No se desperdicia luz y por consiguiente energía, lo que lleva a eficiencia energética superior.
- Según una realización adicional, el elemento óptico es el único elemento óptico de la unidad de luz de aeronave. Como toda la transformación de la distribución de intensidad de luz se puede lograr con dicho elemento óptico, la estructura óptica de la unidad de luz de aeronave es fácil de producir y fácil de sustituir, si ocurriera daño. No se necesita alineación y adaptación de componentes ópticos individuales.
- Según una realización adicional, el elemento óptico se produce en un proceso de moldeo por inyección, en particular en un molde de 2 componentes.
- Según una realización adicional, el elemento óptico es de policarbonato o de poli(metilmetacrilato), también se le hace referencia como PMMA. Los índices refractivos de estos materiales son alrededor de 1,5, en particular entre 1,45 y 1,6. Cabe señalar que para el elemento óptico se pueden usar diferentes materiales con diferentes índices refractivos.
- Según una realización adicional, la unidad de luz de aeronave comprende además un sensor de detección de rendimiento de led dispuesto fuera del elemento óptico, en donde el sensor de detección de rendimiento de led se adapta para recibir luz parásita no reflejada en el primer segmento de transformación y para evaluar la intensidad de la luz parásita a fin de valorar la fortaleza del al menos un led. De esta manera, se puede detectar el inminente final del ciclo vital del al menos un led. Se puede llevar a cabo una llamada detección de casi final de luz. El sensor de detección de rendimiento de led puede emitir una señal o se puede leer periódicamente a fin de determinar si el al menos un led de la unidad de luz de aeronave debe ser sustituido. De esta manera, se puede impedir la disminución del rendimiento de unidad de luz prestaciones por debajo de los valores requeridos de intensidad de luz. Al depender de luz parásita únicamente, el mecanismo de detección no reduce la capacidad de iluminación y la eficiencia energética de la unidad de luz de aeronave.
- Las realizaciones ilustrativas de la invención incluyen además una aeronave que comprende una unidad de luz de aeronave, como se describe en cualquiera de las realizaciones anteriores, la unidad de luz de aeronave se dispone en el exterior de la aeronave, en particular en una región de punta de ala de la aeronave. La unidad de luz de aeronave puede ser una luz de navegación, en particular una luz de navegación hacia delante. Las modificaciones y ventajas anteriores se relacionan igualmente con la aeronave. La aeronave puede ser un avión o un helicóptero.
- Según una realización adicional, la unidad de luz de aeronave se dispone de tal manera que una dirección de emisión de luz principal de la fuente de luz está en un ángulo entre 20° y 40°, en particular a aproximadamente 30° con respecto a la dirección longitudinal del cuerpo de aeronave. Con la dirección de emisión de luz principal en general ortogonal a la parte de soporte, también se puede decir que la parte de soporte está en un ángulo entre 50° y 70°, en particular de aproximadamente 60° con respecto a la dirección longitudinal del cuerpo de aeronave. De esta manera, la capacidad de iluminación de la unidad de luz de aeronave se puede usar de manera energéticamente eficiente descrita anteriormente, mientras se permite una manera eficaz de cumplir con cortes de iluminación requeridos. En particular, se puede cumplir el requisito para que las luces de navegación no emitan luz hacia el cuerpo de aeronave. También, el corte en 110° con respecto a la dirección longitudinal del cuerpo de aeronave se puede satisfacer eficazmente con la disposición angulada de la unidad de luz de aeronave.
- Según una realización adicional, la región de pico de la distribución de intensidad de luz de salida está dentro de un ángulo de menos de 20°, en particular dentro de un ángulo de 0° a 15° y más en particular dentro de un ángulo de 0° a 10° de la dirección longitudinal del cuerpo de aeronave. De esta manera, la región de pico de la unidad de luz de aeronave coincide con la dirección de navegación hacia delante de la aeronave.
- Según una realización adicional, el primer plano de sección transversal es un plano horizontal.
- Las realizaciones ilustrativas de la invención incluyen además un método para sustituir una unidad de luz usada en una aeronave con una unidad de luz de aeronave, como se describe en cualquiera de las realizaciones anteriores, el método comprende las etapas de desconectar la unidad de luz usada de una fuente de alimentación, y conectar la unidad de luz de aeronave, como se describe en cualquiera de las realizaciones anteriores, a la fuente de alimentación.
- Las realizaciones de la invención se describen con mayor detalle más adelante con referencia a las figuras, en donde:

La figura 1 muestra una sección transversal a través de una unidad de luz de aeronave ilustrativa según la invención.

5 La figura 2 muestra esquemáticamente un plano de aire con la unidad de luz de aeronave ilustrativa de la figura 1 instalada en la región de punta de ala izquierda así como la distribución de intensidad de luz de salida de la misma en el plano horizontal.

La figura 3 muestra una vista tridimensional en perspectiva del elemento óptico de la unidad de luz de aeronave ilustrativa de la figura 1.

La figura 4 muestra requisitos ilustrativos de intensidad de luz para un plano horizontal para una unidad de luz de aeronave.

10 La figura 5 muestra requisitos ilustrativos de intensidad de luz para un plano vertical para una unidad de luz de aeronave.

La figura 6 muestra una modificación de la unidad de luz de aeronave ilustrativa de la figura 1.

15 La figura 1 muestra una vista en sección transversal de una unidad de luz de aeronave ilustrativa 2 según la invención. La unidad de luz de aeronave 2 se muestra para orientarse de manera tal como se orienta tras ser ensamblada en la aeronave durante el uso. En particular, se muestra que la unidad de luz de aeronave 2 está en un ángulo con respecto a una dirección longitudinal 70 del cuerpo de aeronave. El plano de dibujo de la figura 1 corresponde a un plano de sección transversal a través de la unidad de luz de aeronave 2 que va a tenderse horizontalmente cuando la unidad de luz de aeronave 2 está en uso. Además, la unidad de luz de aeronave 2 se diseña para ser una unidad de luz de navegación de lado izquierdo, por ejemplo para disponerse en la región de  
20 punta de ala de un ala izquierda de una aeronave.

La unidad de luz de aeronave 2 tiene una parte de soporte 4, un led 6, que por sí mismo forma la fuente de luz de la unidad de luz de aeronave 2, y un elemento óptico 8. El elemento óptico 8 se dispone sobre el led 6 y se somete a la parte de soporte 4. Como quedará claro de la descripción de la figura 3 siguiente, el elemento óptico 8 encierra totalmente el led 6 y afecta a toda la luz emitida desde el led 6.

25 El led 6 tiene una distribución de intensidad de luz de lado fuente, que es gaussiana. Una dirección de principio de emisión de luz 60 del led 6 es ortogonal a la parte de soporte 4. La dirección de principio de emisión de luz 60 se refiere a la dirección de la intensidad más alta de luz del led 6 en ausencia de todos los elementos ópticos.

30 El plano de dibujo de la figura 1 se denomina el primer plano de sección transversal, ya que es un primer plano para el que se logra una distribución deseada de intensidad de luz de salida por medio del elemento óptico 8. Es posible que el primer plano de sección transversal sea el único plano para el que se definen valores de salida deseados de intensidad de luz. Sin embargo, también es posible definir valores de salida deseados adicionales de intensidad de luz para otros planos, tales como se describe más adelante.

35 El elemento óptico 8 es una estructura sólida que tiene una superficie interior 80 y una superficie exterior 82. El elemento óptico 8 tiene tres segmentos de transformación distintos, es decir un primer segmento de transformación 10, un segundo segmento de transformación 20 y un tercer segmento de transformación 30. Los segmentos de transformación 10, 20, 30 transforman una distribución de intensidad de luz de lado fuente en una distribución de intensidad de luz de salida. Las extensiones de los segmentos de transformación se definen desde el punto de vista de sus regiones angulares en la superficie interior 80. En particular, el primer segmento de transformación 10 se extiende sobre un ángulo de 30° de la superficie interior. Este intervalo angular de 30° se extiende desde +90° a  
40 +60°, cuando se mide desde la dirección de principio de emisión de luz 60. El segundo segmento de transformación 20 se extiende sobre un ángulo de 50°. En particular, el segundo segmento de transformación se extiende desde +60° a +10°, cuando se mide con respecto a la dirección de principio de emisión de luz 60. El tercer segmento de transformación 30 se extiende sobre un ángulo de 100°. En particular se extiende desde +10° a -90°, cuando se mide con respecto a la dirección de principio de emisión de luz 60.

45 Los caminos de los rayos de luz se describen de la siguiente manera con respecto a los segmentos de transformación individuales. Dentro del primer segmento de transformación 10, los rayos de luz desde el led 6 son refractados primero ligeramente en la superficie interior 80 del elemento óptico 8. En el plano de sección transversal de la figura 1, la superficie interior 80 tiene una sección recta en el primer segmento de transformación 10, denotado con el numeral de referencia 802. Tras ser ligeramente refractados, los rayos de luz golpean un plano de reflexión interna total, denotado con el numeral de referencia 822. En este plano, los rayos de luz son reflejados completamente  
50 hacia la parte superior del plano de dibujo de la figura 1, es decir, a grosso modo en la dirección longitudinal del cuerpo de aeronave 70. La superficie 822 de reflexión interna total es parte de la superficie exterior 82 del elemento óptico 8. En el plano de sección transversal de la figura 1, la superficie 822 tiene un contorno recto. Como la superficie 822 de reflexión interna total no es más plana fuera del plano de dibujo de la figura 1, sino que tiene forma curvada, el contorno exterior de la superficie exterior 82 detrás del plano de dibujo de la figura 1 también es visible  
55 en la figura 1. Tras experimentar una reflexión interna total, los rayos de luz pasar una parte recta de la superficie

5 exterior 82, denotada con el numeral de referencia 824. En esta superficie 824 únicamente tiene lugar mínima refracción. Los rayos de luz dejan la unidad de luz de aeronave 2 dentro de un intervalo angular estrecho de menos de  $10^\circ$  con respecto a la dirección longitudinal 70 del cuerpo de aeronave. Este intervalo estrecho entre  $0^\circ$  y  $10^\circ$  con respecto a la dirección longitudinal 70 del cuerpo de aeronave es la región de pico de la distribución de intensidad de luz de salida.

10 En el segundo segmento de transformación 20, los rayos de luz desde el led 6 golpean una parte convexa 804 de la superficie interior 80. La parte 804 es convexa cuando se ve desde el led 6, es decir, cuando se ve desde la fuente de luz. La superficie 804 tiene tal forma convexa que los rayos de luz se coliman sustancialmente dentro del elemento óptico 8 en el segundo segmento de transformación 20. En otras palabras, los rayos de luz viajan a través del elemento óptico 8 de manera alineada en el segundo segmento de transformación 20. La superficie exterior 82 del elemento óptico 8 tiene una parte cóncava 826 en el segundo segmento de transformación 20. La superficie 826 es cóncava cuando se ve desde el exterior de la unidad de luz de aeronave 2. Esta superficie 826 dispersa la luz colimada desde dentro del elemento óptico 8 y distribuye los rayos de luz cruzando un intervalo angular de  $20^\circ$ . En particular, los rayos de luz se dividen entre la dirección longitudinal 70 del cuerpo de aeronave y un ángulo de  $20^\circ$  a la misma. De esta manera, los rayos de luz que dejan el segundo segmento de transformación 20 contribuyen a la región de pico tratada anteriormente en la distribución de intensidad de luz de salida y también forman una región de intensidad media entre  $10^\circ$  y  $20^\circ$  con respecto a la dirección longitudinal 70 del cuerpo de aeronave.

20 La superficie interior 80 y la superficie exterior 82 son principalmente esféricas en el tercer segmento de transformación 30. En particular, ambas son esféricas desde la frontera con el segundo segmento de transformación 20 a una región de cerca de la parte de soporte 4. En esta región de chaflán, los rayos de luz desde la fuente de luz 6 se desvían en cierto modo de la parte de soporte a través de respectivas superficies de chaflán en la superficie interior 80 y en la superficie exterior 82. De esta manera, los rayos de luz que dejan el tercer segmento de transformación 30 están dentro de un intervalo angular entre  $20^\circ$  y  $110^\circ$  con respecto a la dirección longitudinal 70 del cuerpo de aeronave. Esta región angular forma una región de intensidad baja de la distribución de intensidad de luz de salida.

25 Con esta configuración, el elemento óptico 8 permite un empaquetamiento y una desviación de la luz desde el led 6 de manera tal que se satisfacen los requisitos FAR para luces de navegación hacia adelante.

30 La figura 2 muestra una ilustración esquemática de una aeronave que tiene la unidad de luz de aeronave 2 de la figura 1 instalada en la región de punta de ala del ala izquierda. Se ilustra que la iluminación cubre un intervalo angular entre la dirección longitudinal de la aeronave y un ángulo de  $110^\circ$  a la misma. Además se ilustra que la unidad de luz de aeronave tiene tres regiones de salida distintas en la distribución de intensidad de luz de salida, es decir una región de pico entre la dirección longitudinal del cuerpo de aeronave y un ángulo de  $10^\circ$  a la misma, una región de intensidad de luz media entre  $10^\circ$  y  $20^\circ$ , y una región de intensidad de luz baja entre  $20^\circ$  y  $110^\circ$ . La creación de estas regiones se ha descrito anteriormente con respecto a la figura 1.

35 La figura 3 muestra el elemento óptico 8 de la figura 1 en una vista tridimensional en perspectiva. Como el elemento óptico 8 se muestra desde el exterior, en esta vista únicamente es visible la superficie exterior 82. Se puede ver que el elemento óptico 8 no únicamente afecta a la distribución de intensidad de luz en el primer plano de sección transversal, es decir, en el plano horizontal durante el uso, sino también forma la distribución de intensidad de luz de salida para otros ángulos verticales. Los aspectos particulares con respecto a la distribución de intensidad de luz de salida vertical se describirán a continuación con respecto a la figura 5.

40 La figura 4 muestra la distribución de intensidad de luz cruzando el primer plano de sección transversal en forma esquemática. Se muestra una región de pico 110, una región de intensidad media 120 y una región de intensidad baja 130 para los intervalos angulares de la distribución de intensidad de luz de salida tratada anteriormente. Cabe señalar que esta función escalonada representa valores requeridos mínimos. Si bien la unidad de luz de aeronave 2 de la figura 1 logra satisfacer estos valores requeridos mínimos, también puede superar estos valores. Puede haber un factor constante de superación de los requisitos, o la superación puede ser de magnitud diferente en diferentes puntos de la distribución. Por ejemplo, la distribución real de intensidad de luz de salida puede ser una curva envolvente de los requisitos mostrados en la figura 4.

45 La figura 5 muestra la distribución vertical de la distribución deseada de intensidad de luz de salida para tres planos verticales diferentes. En otras palabras, se muestra la distribución de intensidad de luz de salida requerida a lo largo de planos adicionales de sección transversal, es decir planos de sección transversal segundo, tercero y cuarto. Los planos de sección transversal segundo, tercero y cuarto son planos verticales a través del centro de la unidad de luz de aeronave, es decir, a través del centro del led 6. Como se puede ver, la intensidad de luz es más grande en la dirección horizontal, si bien ambos decrecen hacia la parte superior y hacia la parte inferior. Este comportamiento es verdadero para las tres distribuciones de intensidad de luz representadas. Las tres distribuciones de intensidad de luz deseadas representan diferentes distribuciones de intensidad verticales para la región de pico 110, la región de intensidad media 120 y la región de intensidad baja 130, tratadas anteriormente.

De nuevo, las curvas de la figura 5 ilustran los valores requeridos de intensidad. Con la fuente de luz que tiene una distribución de intensidad de luz de lado fuente continua, en general gaussiana, y el elemento óptico 8 que tiene un contorno continuo para los planos verticales, la distribución de intensidad de luz resultante cruzando los planos verticales es una curva continua, en el presente caso una curva envolvente de los requisitos mostrados de la figura 5.

La figura 6 de nuevo muestra la unidad de luz de aeronave 2 de la figura 1, cuyos detalles se han descrito anteriormente. Sin embargo, la figura 6 muestra el elemento adicional de un sensor de detección de rendimiento de led 40. Este sensor de detección 40 hace uso de la reflexión interna no perfecta en la superficie 822. Una cantidad muy pequeña de luz parásita no se refleja en esta superficie 822, sino que en cambio pasa a través de la misma. Dicha luz es recibida por el sensor de detección 40 y es evaluada. El sensor de detección 40 se calibra al principio del ciclo vital del led 6. Por lo tanto se puede deducir, a partir de la intensidad de la luz parásita recibida, si el led 6 se ha degradado por el envejecimiento hasta un punto crítico. En este punto crítico, la unidad de luz de aeronave 2 ya no puede satisfacer los requisitos de intensidad de luz para los que se diseña. El sensor de detección 40 puede medir e indicar una condición cerca de final de vida del led. Las evaluaciones del sensor de detección 40 pueden ser leídas periódicamente durante el mantenimiento, o el sensor de detección 40 puede generar una señal por sí mismo para comunicar dicha condición cerca del final de vida a una entidad de control exterior. Por consiguiente, es posible una sustitución necesaria del led 6 sin llevar a cabo mediciones complicadas de intensidad de luz en todo el intervalo de salida.

Si bien se ha descrito la invención con referencia a realizaciones ilustrativas, los expertos en la técnica entenderán que se pueden hacer diversos cambios, y equivalentes pueden ser sustituidos por elementos de las mismas sin apartarse del alcance de la invención. Adicionalmente, se pueden hacer muchas modificaciones para adaptar una situación o material particulares a las enseñanzas de la invención sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por lo tanto, se pretende que la invención no se limite a la realización particular descrita, sino que la invención incluya todas realizaciones que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

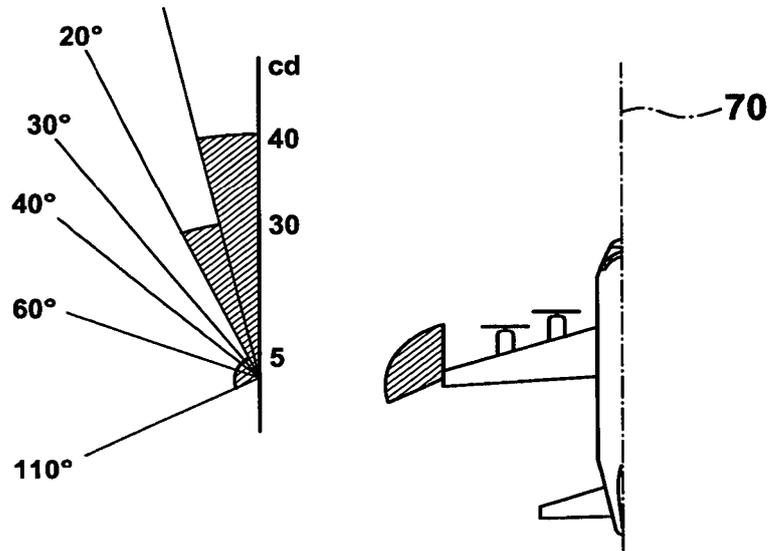
**REIVINDICACIONES**

1. Aeronave que comprende una unidad de luz de aeronave (2),  
en donde la unidad de luz de aeronave (2) es una unidad de luz de navegación hacia delante,  
en donde la unidad de luz de aeronave (2) comprende:
  - 5 una parte de soporte (4),  
una fuente de luz que tiene al menos un led (6), la fuente de luz se dispone sobre la parte de soporte (4) y en funcionamiento emite luz con una distribución de intensidad de luz de lado fuente, y  
un elemento óptico (8) para transformar la distribución de intensidad de luz de lado fuente en una distribución de intensidad de luz de salida,
  - 10 en donde el elemento óptico (8) tiene al menos dos segmentos de transformación (10, 20, 30), que cubren diferentes intervalos angulares de la distribución de intensidad de luz de lado fuente en un primer plano de sección transversal, los al menos dos segmentos de transformación (10, 20, 30) comprenden:
    - 15 un primer segmento de transformación (10) configurado de modo que la luz desde la fuente de luz experimenta una reflexión interna total dentro del elemento óptico (8) en el primer segmento de transformación (10) y se empaqueta en una región de pico de la distribución de intensidad de luz de salida, en donde el primer segmento de transformación (10) cubre un intervalo angular entre 20° y 40° de la distribución de intensidad de luz de lado fuente en el primer plano de sección transversal y en donde dicha región de pico en la distribución de intensidad de luz de salida tiene un ángulo de apertura entre 5° y 15° en el primer plano de sección transversal, y en donde dicha región de pico en la distribución de intensidad de luz de salida coincide con la dirección de navegación hacia delante de la aeronave; y
    - 20 al menos un segmento de transformación adicional (20, 30) configurado de modo que la luz desde la fuente de luz experimenta refracción únicamente en el al menos un segmento de transformación adicional (20, 30),  
en donde la unidad de luz de aeronave (2) se dispone en una región de punta de ala de la aeronave; y  
en donde la unidad de luz de aeronave (2) se dispone de tal manera que una dirección de emisión de luz principal de la fuente de luz es en un ángulo entre 20° y 40° con respecto a la dirección longitudinal (70) del cuerpo de aeronave.
  - 25 2. Aeronave según la reivindicación 1, en donde dicha región de pico en la distribución de intensidad de luz de salida de la unidad de luz de aeronave (2) tiene un ángulo de apertura de aproximadamente 10° en el primer plano de sección transversal.
  - 30 3. Aeronave según la reivindicación 1 o 2, en donde el primer segmento de transformación (10) de la unidad de luz de aeronave (2) cubre un intervalo angular de alrededor de 30° de la distribución de intensidad de luz de lado fuente en el primer plano de sección transversal.
  - 35 4. Aeronave según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un segmento de transformación adicional de la unidad de luz de aeronave (2) comprende un segundo segmento de transformación (20), con la luz desde la fuente de luz experimentando refracción en una superficie interior (80) del elemento óptico (8) y refracción en una superficie exterior (82) del elemento óptico (8) en el segundo segmento de transformación (20).
  5. Aeronave según la reivindicación 4, en donde la superficie interior (80) del elemento óptico (8) de la unidad de luz de aeronave (2) es convexa, cuando se ve desde la fuente de luz, en el segundo segmento de transformación (20).
  - 40 6. Aeronave según la reivindicación 4 o 5, en donde el segundo segmento de transformación (20) de la unidad de luz de aeronave (2) cubre un intervalo angular entre 30° y 70° de la distribución de intensidad de luz de lado fuente en el primer plano de sección transversal.
  7. Aeronave según la reivindicación 6, en donde el segundo segmento de transformación (20) de la unidad de luz de aeronave (2) cubre un intervalo angular entre 40° y 60°, en particular de aproximadamente 50°, de la distribución de intensidad de luz de lado fuente en el primer plano de sección transversal.
  - 45 8. Aeronave según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en donde el al menos un segmento de transformación adicional de la unidad de luz de aeronave (2) comprende un tercer segmento de transformación (30), la luz que deja el segundo segmento de transformación (20) contribuye parcialmente a la región de pico de la distribución de intensidad de luz de salida y parcialmente a una región de intensidad media de la distribución de intensidad de luz de salida y la luz que deja el tercer segmento de transformación (30) forma una región de intensidad  
50 baja de la distribución de intensidad de luz de salida.

9. Aeronave según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la fuente de luz de la unidad de luz de aeronave (2) es un único led (6).
10. Aeronave según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde un espacio entre la fuente de luz y el elemento óptico (8) de la unidad de luz de aeronave (2) está libre de obturadores y reflectores.
- 5 11. Aeronave según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad de luz de aeronave (2) comprende además un sensor de detección de rendimiento de led (40) dispuesto fuera del elemento óptico (8), en donde el sensor de detección de rendimiento de led (40) se adapta para recibir luz parásita no reflejada en el primer segmento de transformación y para evaluar la intensidad de la luz parásita a fin de valorar la fortaleza del al menos un led (6).
- 10 12. Aeronave según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad de luz de aeronave (2) se dispone de tal manera que la dirección de emisión de luz principal de la fuente de luz esté en un ángulo de aproximadamente 30° con respecto a la dirección longitudinal (70) del cuerpo de aeronave.
13. Aeronave según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el primer plano de sección transversal es un plano horizontal.
- 15 14. Método para sustituir una unidad usada de luz de navegación hacia delante en una región de punta de ala de una aeronave, comprendiendo el método las etapas de:
- desconectar la unidad de luz usada de una fuente de alimentación,
- proporcionar una unidad de luz de aeronave (2), que comprende:
- una parte de soporte (4),
- 20 una fuente de luz que tiene al menos un led (6), la fuente de luz se dispone sobre la parte de soporte (4) y en funcionamiento emite luz con una distribución de intensidad de luz de lado fuente, y
- un elemento óptico (8) para transformar la distribución de intensidad de luz de lado fuente en una distribución de intensidad de luz de salida,
- 25 en donde el elemento óptico (8) tiene al menos dos segmentos de transformación (10, 20, 30), que cubren diferentes intervalos angulares de la distribución de intensidad de luz de lado fuente en un primer plano de sección transversal, los al menos dos segmentos de transformación (10, 20, 30) comprenden:
- un primer segmento de transformación (10), la luz desde la fuente de luz experimenta reflexión interna total dentro del elemento óptico (8) en el primer segmento de transformación (10) y se empaqueta en una región de pico de la distribución de intensidad de luz de salida, en donde el primer segmento de transformación (10) cubre un intervalo
- 30 angular entre 20° y 40° de la distribución de intensidad de luz de lado fuente en el primer plano de sección transversal y en donde dicha región de pico en la distribución de intensidad de luz de salida tiene un ángulo de apertura entre 5° y 15° en el primer plano de sección transversal, y en donde dicha región de pico en la distribución de intensidad de luz de salida coincide con la dirección de navegación hacia delante de la aeronave; y
- 35 al menos un segmento de transformación adicional (20, 30), la luz desde la fuente de luz experimenta refracción únicamente en el al menos un segmento de transformación adicional (20, 30),
- disponer la unidad de luz de aeronave (2) de tal manera en la región de punta de ala de la aeronave que una dirección de emisión de luz principal de la fuente de luz está en un ángulo entre 20° y 40° con respecto a la dirección longitudinal (70) del cuerpo de aeronave, y
- conectar la unidad de luz de aeronave (2) a la fuente de alimentación.
- 40



**Fig. 2**



**Fig. 3**

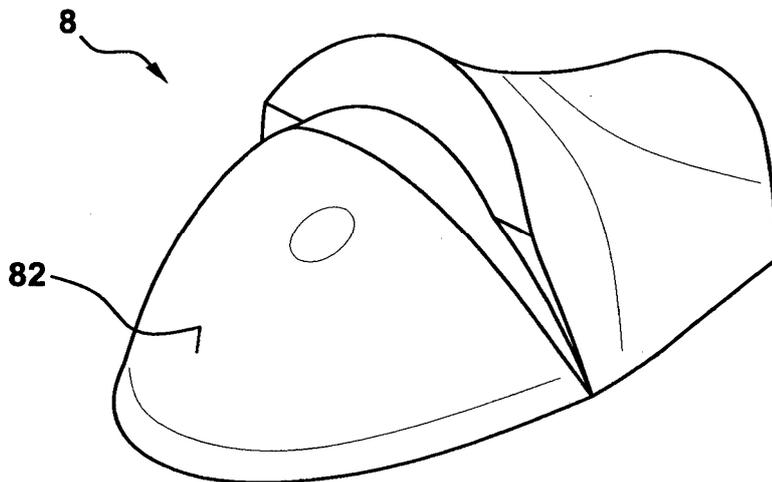


Fig. 4

5

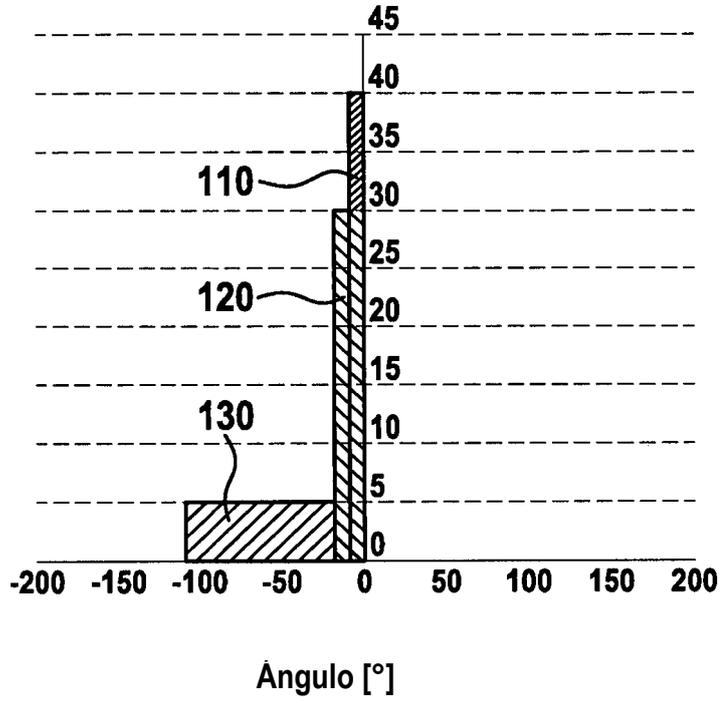
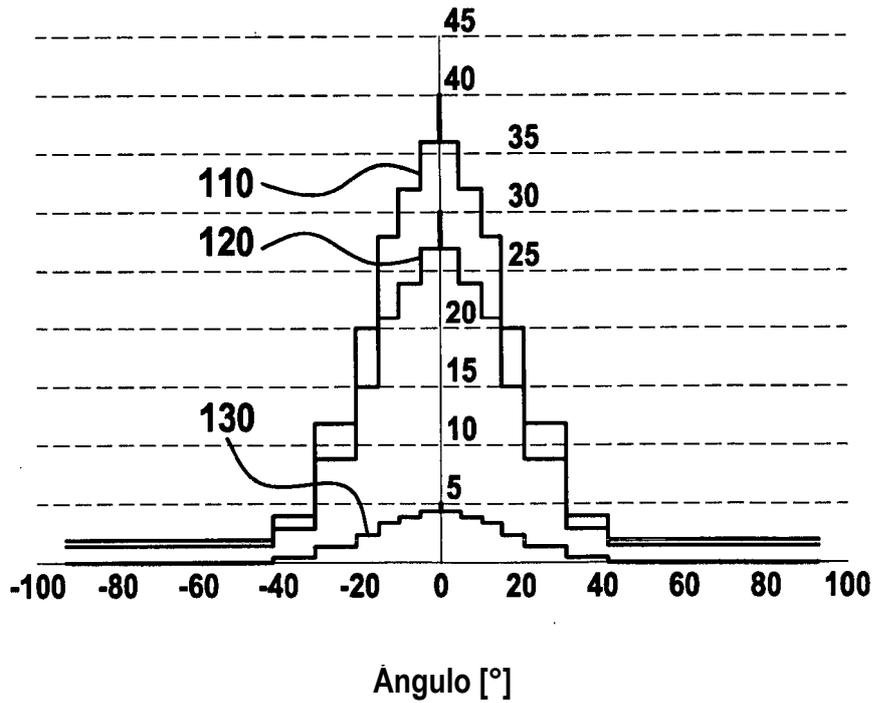


Fig. 5



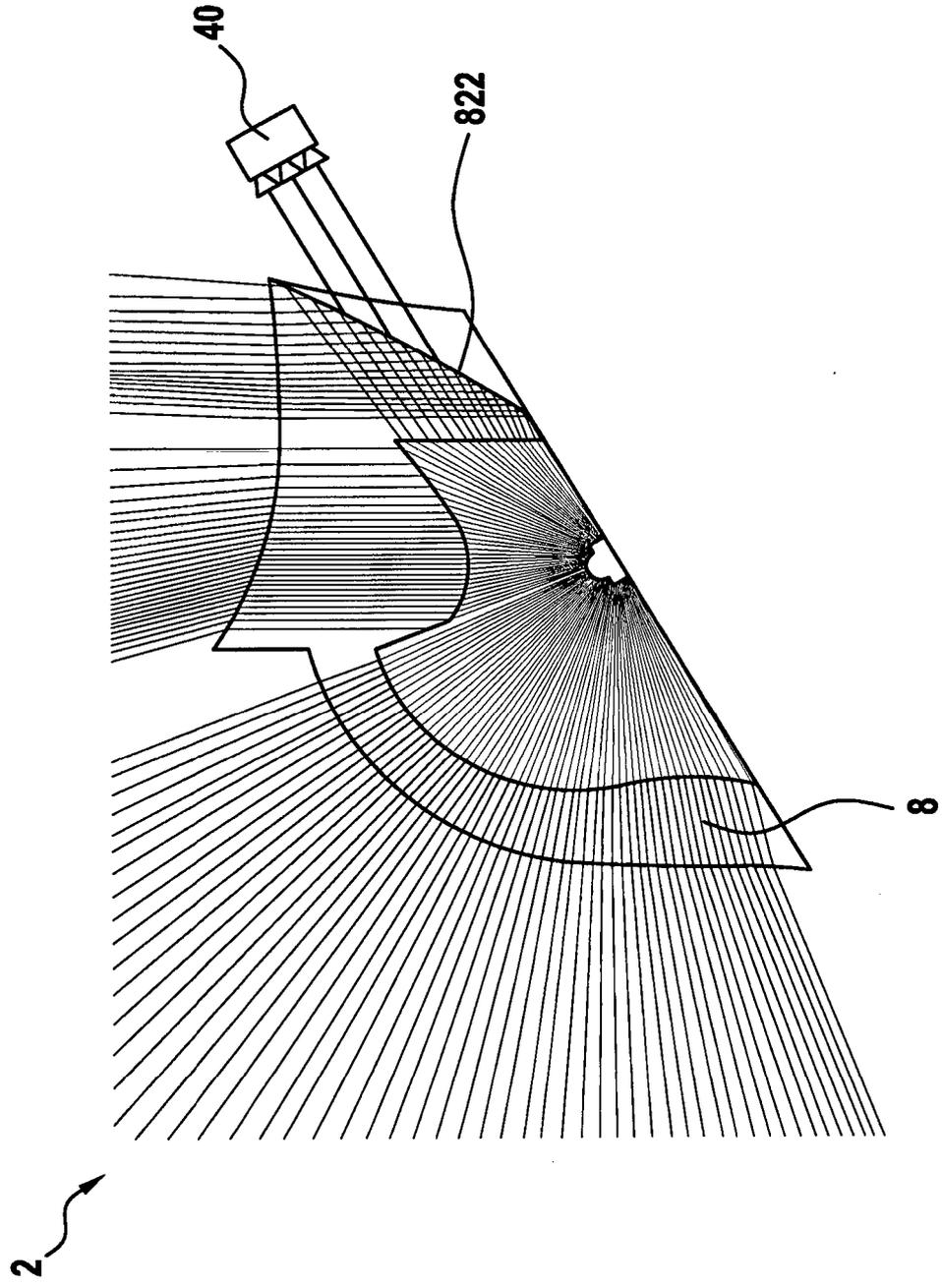


Fig. 6