

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 553**

51 Int. Cl.:

G02B 19/00 (2006.01)

G02B 3/00 (2006.01)

G02B 27/09 (2006.01)

G02B 27/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.05.2014 PCT/EP2014/001293**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2015 WO15172794**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.05.2014 E 14731153 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.03.2018 EP 3143450**

54 Título: **Fuente de luz y sistema de iluminación que imita la luz solar**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.06.2018

73 Titular/es:
**COELUX S.R.L. (100.0%)
Via Cavour 2 Polo Tecnologico ComoNExT
22074 Lomazzo (CO), IT**

72 Inventor/es:
**DI TRAPANI, PAOLO y
MAGATTI, DAVIDE**

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 671 553 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

Fuente de luz y sistema de iluminación que imita la luz solar

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere en general a sistemas de iluminación y en particular a una fuente de luz para sistemas de iluminación destinados, por ejemplo, a imitar la iluminación de la luz del sol natural. Además, la presente divulgación se refiere en general a generar un haz de luz desde un área con brillo alto y homogeneidad de la luminancia a través del área.

Antecedentes

Sistemas de iluminación artificiales para entornos cerrados a menudo tienen por objetivo mejorar el bienestar visual experimentado por los usuarios. En particular, se conocen sistemas de iluminación que imitan la iluminación natural, específicamente iluminación de la luz del sol, en particular usando luz con una alta temperatura de color correlacionada (CCT) y un índice de reproducción de color (CRI) amplio. Las características de iluminación exterior a imitar de este tipo dependen de la interacción entre la luz del sol y la atmósfera de la tierra y crea una característica de sombra específica.

El documento EP 2 304 478 A1, el documento EP 2 304 480 A1, el documento PCT/IB2013/060141 presentados el 14 de noviembre de 2013 así como el documento PCT/EP2014/000835 presentado el 27 de marzo de 2014, todos presentados por el mismo solicitante, divulgan sistemas de iluminación con una fuente de luz que produce luz visible y un panel que contiene nanopartículas. Durante la operación del sistema de iluminación, el panel recibe la luz desde la fuente de luz y actúa como un así llamado difusor de Rayleigh, a saber, difunde rayos de luz de forma similar a la atmósfera terrestre en condiciones de cielo despejado. Específicamente, el concepto usa luz dirigida, que corresponde a luz del sol y genera sombras en presencia de los objetos iluminados y luz difusa con una CCT más amplia, que corresponde a la luz del cielo azul.

Para proporcionar luz blanca fría, así como luz blanca cálida, pueden usarse fuentes de luz basadas en LED que se basan en, por ejemplo, LED blancos convertidos con fósforo y/o una combinación de LED de diversos colores. Las propiedades ópticas de luz emitida desde LED requieren configuraciones ópticas de conformación de haz, normalmente colimando ópticas tales como sistemas de lentes y/o espejos.

El documento US2013/0294045 A1 divulga un simulador solar que comprende un conjunto de unidades de colimación primarias con un perfil parabólico y una unidad de homogeneización con conjunto de micro-lentes. La presente divulgación se dirige, al menos en parte, para mejorar o superar uno o más aspectos de sistemas anteriores.

40 Sumario de la divulgación

En un primer aspecto, la presente divulgación se dirige a un sistema óptico para recibir y colimar luz, en el que el sistema óptico comprende una unidad de colimación y una unidad de homogeneización para homogeneizar la luz que emerge desde la unidad de colimación. La unidad de colimación comprende al menos una interfaz parabólica que define una abertura de entrada y una abertura de salida, en el que la al menos una interfaz parabólica se configura para reflejar luz que entra a través de la abertura de entrada a través de la abertura de salida y limitar la propagación angular de la luz a un ángulo de aceptación asociado a la al menos una interfaz parabólica. La unidad de homogeneización comprende un conjunto de lentes con pares de una primera lente y una segunda lente, en la que el conjunto de lentes se configura de tal forma que luz desde la abertura de salida recogida mediante una primera lente ilumina la respectiva segunda lente para proporcionar una abertura de salida de emisión continua.

En otro aspecto, una fuente de luz comprende una unidad de emisión de luz con un patrón de emisión de luz tales como un patrón de emisión de Lambert o cuasi-Lambert de un LED plano y un sistema óptico como se ha descrito anteriormente, en el que el patrón de emisión de luz se superpone con la abertura de entrada del sistema óptico.

En otro aspecto, un sistema de iluminación comprende una fuente de luz como se ha descrito anteriormente para proporcionar un haz de luz de luz directa no difusa con una primera temperatura de color correlacionada a lo largo de una dirección de haz de luz principal, y una unidad de tipo ventana tales como un ventana de salida de sistema de iluminación o un generador de luz difusa para generar luz difusa a una segunda temperatura de color correlacionada, que es mayor que la primera temperatura de color correlacionada. El elemento de tipo ventana se coloca en el campo lejano del haz de luz y el tamaño del elemento de tipo ventana se adapta al tamaño del campo lejano del haz de luz.

Se proporcionan realizaciones adicionales, por ejemplo, en las reivindicaciones dependientes, que se incorporan en este documento como referencia.

Otras características y aspectos de esta divulgación serán evidente a partir de la siguiente descripción y los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La Figura 1 es una sección transversal esquemática de un sistema de iluminación ilustrativo que ilumina una sala;
- la Figura 2 es una ilustración esquemática de un haz de luz que tiene una dirección no uniforme de propagación a través del haz;
- 10 la Figura 3 es una trayectoria de haz óptica esquemática de una fuente de luz ilustrativa;
- la Figura 4 es una ilustración esquemática de una unidad emisora basada en LED;
- la Figura 5 es una ilustración esquemática de una unidad de colimación basada en concentrador parabólico compuesto;
- 15 la Figura 6 es una ilustración esquemática de disposición de concentrador parabólico compuesto circular;
- la Figura 7 es una ilustración esquemática de un rayo de luz interactuando con un condensador de lente múltiple;
- la Figura 8 es una ilustración esquemática de condensador de lente múltiple colocado aguas abajo de un concentrador parabólico compuesto; y
- la Figura 9 es una vista en perspectiva de un sistema óptico montado que comprende una unidad de recogida y una unidad de homogeneización.

Descripción detallada

25 Lo siguiente es una descripción detallada de realizaciones ilustrativas de la presente divulgación. Las realizaciones ilustrativas descritas en la misma e ilustradas en los dibujos se conciben para dar a conocer los principios de la presente divulgación, habilitando que los expertos en la materia implementen y usen la presente divulgación en muchos entornos diferentes y para muchas aplicaciones diferentes. Por lo tanto, las realizaciones ilustrativas no pretenden ser, y no deberían considerarse como, una descripción limitante del alcance de la protección de patente. En su lugar, el alcance de la protección de patente se definirá mediante las reivindicaciones adjuntas.

30 La divulgación se basa en parte en la comprensión de que sistemas de iluminación que imitan la iluminación de la luz del sol necesitan proporcionar luz con propiedades que eviten que un observador se dé cuenta de la artificialidad de la fuente de luz, es decir la imitación del sol. Por ejemplo, la situación de iluminación puede incluir un componente de luz de tragaluz azul y un componente de luz blanca no difusa directa que se originan desde una fuente con una luminancia homogénea.

35 En general, la capacidad de un observador para evaluar una situación de iluminación se basa en múltiples mecanismos fisiológicos y psicológicos conectados al enfoque, convergencia binocular, paralaje binocular, paralaje de movimiento, luminancia, tamaño, contraste, perspectiva de área, etc. Algunos mecanismos pueden ganar significancia en comparación con los otros de acuerdo tanto con las condiciones de observación (por ejemplo, si el observador se está moviendo o está quieto, mirando con uno o dos ojos, etc.) así como las características de la situación de iluminación tal como si se observan objetos con tamaño, distancia o luminancia conocidos.

40 Para los dispositivos de iluminación que imitan la luz del sol que usan una fuente de luz como el sol artificial, el efecto de percepción de la fuente de luz como que es el sol a una distancia infinita se refiere a evitar - siempre que la fuente de luz está en el campo de visión del observador - impresiones de una fuente de luz artificial.

45 Los inventores se dieron cuenta que esto incluye en particular una luminancia homogénea de la fuente de luz. Además, un sol artificial necesita tener un aspecto redondo. En algunas realizaciones, en las que la fuente de luz se usa para iluminar un panel de difusión de Rayleigh, se desea adicionalmente una iluminación uniforme y completa del panel de difusión de Rayleigh mediante la fuente de luz.

50 La sensibilidad del ojo identificará ya en modulaciones de fase muy temprana de la luminancia en la imitación del sol, así como en el panel de difusión de Rayleigh. Tales modulaciones pueden crearse mediante áreas (oscuras) en el campo próximo reducido o incluso sin contribuir a la emisión de luz resultando en menos luminancia en un área del haz en el campo lejano.

55 Adicionalmente, aunque el brillo de la fuente puede no permitir mirar a la fuente y enfocar en la misma, la imagen posterior producida en la retina puede mostrar fluctuaciones de intensidad de las que uno no se percata cuando mira (brevemente) al sol artificial.

60 Para completitud, la luminancia también afecta a la sombra creada por la fuente de luz. En particular, cuando el sol artificial tiene modulaciones en luminancia, la media sombra también puede mostrar modulaciones que el ojo resolverá.

65 Consideraciones similares se aplican a la distribución espacial del espectro de color o modulaciones en el mismo.

Los inventores se dieron cuenta que - por el contrario a fuentes de luz de proyector, que se concentran en una imagen en el campo lejano - la fuente de luz de un dispositivo de iluminación que imita la luz del sol también requiere un campo próximo específico que imita el aspecto del sol cuando un observador lo mira. Como se divulga en este documento, se describe un sistema de elementos ópticos que se diseña específicamente en diversos aspectos que cada uno contribuye a la luminancia de la fuente de luz y el mantenimiento de la aceptación tan lejos como sea posible.

A continuación, se describen configuraciones ilustrativas de un dispositivo de iluminación que imita la luz del sol en conexión con las Figuras 1 y 2. Se describe una visión general ilustrativa de una trayectoria de haz óptica en conexión con la Figura 3. A continuación se divulgan diversas configuraciones ilustrativas de unidades ópticas que contribuyen a la trayectoria de haz óptica en conexión con la Figura 4 (unidad emisora basada en LED), con las Figuras 5 y 6 (unidad de colimación basada en concentrador parabólico compuesto (CPC)), con las Figuras 7 y 8 (unidad de homogeneización basada en condensador de lente múltiple (FEC)) y con la Figura 9 (un sistema óptico montado).

Haciendo referencia a la Figura 1, se ilustra esquemáticamente un sistema de iluminación 1 en una vista en corte.

En detalle, el sistema de iluminación 1 comprende una fuente de luz 2, configurada para emitir luz en un ángulo sólido de misión para formar un haz de luz 3 que se propaga a lo largo de una dirección de haz de luz principal 4. En general, la fuente de luz 2 puede ser, por ejemplo, fuente de luz blanca fría. Realizaciones ilustrativas de fuentes de luz pueden comprender emisores de luz basados en LED o emisores de luz basados en lámparas de descarga o emisores de luz basados en lámparas de yodo de medio arco de mercurio o emisores de luz basados en lámparas halógenas y respectivos sistemas ópticos aguas abajo del respectivo emisor de luz.

Para reducir la dimensión del sistema de iluminación 1, los sistemas ópticos aguas abajo del respectivo emisor de luz pueden incluir un sistema reflectante (tales como ópticas plegables, un espejo 5 se indica de forma ilustrativa mediante una línea discontinua en la Figura 1). Ejemplos específicos de sistemas reflectantes pasados por el haz de luz 3 se ilustran en las solicitudes de patentes identificadas anteriormente, por ejemplo, el documento PCT/IB2013/060141.

Para el sistema reflectante, puede existir una condición geométrica en rayos de luz reflejados que requiere que ningún rayo de luz que se origina desde fuera del sistema de iluminación puede ser reflejado posteriormente por el sistema reflectante de una manera de tal forma que deja de nuevo el sistema de iluminación 1.

El sistema de iluminación 1 incluye adicionalmente una unidad de tipo ventana 6 que acopla la luz que se origina desde la fuente de luz 2 a una región 7 a iluminar, por ejemplo, una sala interior 30 de un edificio.

En la realización ilustrativa del sistema de iluminación 1 de la Figura 1, la unidad de tipo ventana 6 incluye una estructura 10 de tipo cortina de lámpara que comprende una unidad inferior 12 y una estructura de pantalla 14. La unidad inferior 12 se denomina como la unidad inferior en vista de que está en la parte inferior de la estructura de tipo cortina de lámpara cuando se mira desde la sala. Sin embargo, se observa que el sistema de lámparas puede estar desprovisto de una estructura de tipo cortina de lámpara o en paredes, y, por consiguiente, la unidad inferior 12 no necesita estar en el extremo final de la estructura de tipo cortina de lámpara. Para una divulgación detallada sobre la estructura de pantalla 14, se hace referencia a las solicitudes de patente anteriormente mencionadas, por ejemplo, el documento PCT/EP2014/000835.

En algunas realizaciones de la unidad de tipo ventana 6, la unidad inferior 12 puede integrarse directamente en la pared/techo, es decir sin la estructura de pantalla 14. Por ejemplo, la unidad inferior puede formarse como una parte de la superficie de techo en lugar de eliminarse de la superficie de techo como se muestra en la Figura 1.

La unidad de tipo ventana 6 puede tener cualquier forma tales como una forma (plana) rectangular, cuadrática o circular. La unidad de tipo ventana 6 está al menos parcialmente transmitiendo la luz de la fuente de luz 2. La unidad de tipo ventana 6 puede comprender - en la Figura 1 específicamente la unidad inferior 12 comprende - un generador de luz difusa 20. El generador de luz difusa 20 opera como un difusor de Rayleigh, que sustancialmente no absorbe luz en el intervalo visible y que difunde más eficientemente la longitud de onda corta con respecto a los componentes de longitud de onda larga de la luz impactante. Propiedades ópticas y característica microscópica de difusores de tipo Rayleigh se describen en detalle en las solicitudes de patente anteriormente mencionadas, por ejemplo, el documento EP 2 304 478 A1.

El sistema de iluminación 1 adicionalmente puede incluir una caja oscura 16 que incluye la fuente de luz 2 y que tiene la unidad de tipo ventana 6 integrada en una de sus ventanas. En general, la caja 16 proporciona paredes que se extienden alrededor de la fuente de luz 2 y limita con la unidad de tipo ventana 6 y tiene superficie interior oscura que absorbe luz (al menos donde potencialmente la luz puede impactar).

En la realización de la Figura 1, la fuente de luz 2 se proporciona en la caja oscura 16, evitando de este modo que la luz que se origina no desde la fuente de luz 2 entre en la unidad inferior 12 desde dentro de la caja oscura 16.

En algunas realizaciones, la unidad de tipo ventana proporciona el generador de luz difusa 20 para difundir la luz de la fuente de luz 2. Por ejemplo, suponiendo en las realizaciones anteriores que el haz de luz 3 es lo suficientemente divergente para iluminar toda o al menos una gran porción del generador de luz difusa 20, el generador de luz difusa 20 separará el haz de luz 3 en cuatro componentes, particularmente en:

- 5 un componente transmitido (dirigido no difuso), formado por rayos de luz que pasan a través del generador de luz difusa 20 y no experimentan desviaciones significativas, por ejemplo, se forma por rayos de luz que experimentan una desviación más pequeña de $0,1^\circ$; un flujo luminoso del componente transmitido es una fracción significativa del flujo luminoso general incidente en el generador de luz difusa 20;
- 10 un componente difuso delantero, formado por luz dispersa que sale del generador de luz difusa 20 al paso de luz 46 (con la excepción de esa dirección de haz de luz y de direcciones distintas de esa dirección de haz de luz por un ángulo más pequeño de $0,1^\circ$); un flujo luminoso del componente difuso delantero corresponde a una fracción de tragaluz azul generada desde el flujo luminoso general incidente en el generador de luz difusa 20; un componente difuso trasero, formado por luz dispersa que sale del generador de luz difusa 20 a la caja 16; un flujo luminoso del componente difuso trasero está, en general, en el intervalo de pero preferentemente menos de la fracción de tragaluz azul; y
- 15 un componente reflejado, formado por luz reflejada y que se propaga a lo largo de una dirección en un ángulo de espejo a la caja 16, un flujo luminoso del componente reflejado depende, por ejemplo, del ángulo incidente del haz de luz en el generador de luz difusa 20.

Habiéndose dicho esto, las propiedades ópticas del generador de luz difusa 20 son de tal forma que la fracción de tragaluz azul está dentro de del intervalo del 5 % al 50 %, tal como dentro del intervalo del 7 % al 40 % o incluso en el intervalo del 10 % al 30 %, o dentro de del intervalo del 15 % al 20 %; la CCT media del componente difuso delantero es significativamente mayor que la temperatura de color correlacionada CCT media del componente transmitido, por ejemplo, puede ser mayor por un factor de 1,2 o 1,3 o 1,5 o más; el generador de luz difusa 20 no absorbe significativamente luz incidente, a saber, la suma de los cuatro componentes es al menos igual al 80 % o 90 % o incluso 95 % o 97 % o más; el generador de luz difusa 20 dispersa mayormente hacia adelante, a saber, más de 1,1 o 1,3 o incluso 1,5 o 2 dos veces que se devuelve dispersada; y el generador de luz difusa 20 puede tener baja reflexión, a saber, se refleja menos de una porción del 9 % o 6 % o incluso menos del 3 % o 2 % de la luz impactante.

En la realización de la unidad de tipo ventana 6 que comprende el generador de luz difusa 20, el generador de luz difusa 20 puede estar a una distancia de la fuente de luz 2 que puede no ser suficiente para proporcionar una impresión de ser el sol cuando la fuente de luz 2 estuviera a la vista de un observador. Sin embargo, en algunas realizaciones, la estructura de pantalla 14 puede bloquear cualquier vista a la fuente de luz 2. Por consiguiente, la distancia entre la posición esperada del observador y la fuente de luz 2 puede ser menor.

En otras realizaciones, el generador de luz difusa puede iluminarse al menos parcialmente por una fuente de luz separada adaptada para proporcionar luz como la base para el componente difuso.

En la realización de la Figura 1, la fuente de luz 2 se desplaza vertical y horizontalmente con respecto al centro de la unidad de tipo ventana 6. Por ejemplo, la fuente de luz 2 ilumina la superficie superior del generador de luz difusa 20 en su totalidad con un ángulo de, por ejemplo, aproximadamente 45° o aproximadamente 60° . En algunas realizaciones, la fuente de luz 2 puede disponerse verticalmente por encima, por ejemplo, del centro del generador de luz difusa 20, cuando, por ejemplo, el generador de luz difusa 20 se inclina con respecto al plano de un techo de sala.

En la instalación ilustrativa del sistema de iluminación 1 de la Figura 1, la fuente de luz 2 se acopla ópticamente una sala 30 en un edificio a través de la unidad de tipo ventana 6. La sala 30 puede conformarse, por ejemplo, como un paralelepípedo y delimitarse por paredes laterales, un suelo y un techo 60.

En general, la unidad de tipo ventana 6 está en el campo lejano de la fuente de luz 2 de tal forma que interactúa con un haz de luz como se ilustra en la Figura 2 y describe a continuación. De este modo, la fuente de luz 2 puede proporcionar una impresión de ser el sol.

Dependiendo de la altura de la sala 30, la distancia entre la fuente de luz 2 y la unidad de tipo ventana 6 está en el intervalo de 1,5 m a 7 m para una fuente de luz que tiene una abertura de salida de 0,15 m. Para una situación de este tipo, una distancia entre la fuente de luz y el observador está, por ejemplo, en el intervalo de al menos 2,5 m a 9 m.

La Figura 2 muestra el haz de luz divergente 83 en el campo lejano como se usa para iluminar la unidad de tipo ventana 6. El campo lejano depende del campo próximo como se genera mediante la fuente de luz 2 y se caracteriza por una dirección de haz de luz principal 84. La dirección de propagación local a través del haz de luz divergente 83, es decir una dirección de propagación de la luz directa no difusa, se modifica dependiendo de la

posición dentro de la sección transversal del haz de luz divergente 83. Específicamente, una dirección de propagación central 85 es esencialmente paralela a la dirección de haz de luz principal 84 en un área interior del haz de luz divergente 83. Sin embargo, una dirección de propagación 87 se inclina cada vez más con respecto a una dirección de haz de luz principal 84 con distancia en aumento desde el área interior. Ilustrativamente, un ángulo máximo de 5° se indica en la Figura 2 para el haz de luz que está más alejado, que corresponde a una divergencia de haz (en este documento también denominado como propagación angular total en el campo lejano) de $2 \times 5^\circ = 10^\circ$ del haz de luz divergente 83.

A continuación, configuraciones ópticas ilustrativas de un sistema de iluminación se divulgan para generar un haz de luz divergente de este tipo. Primero, se describe una vista general de una trayectoria de haz óptica esquemática ilustrativa en conexión con la Figura 3 y se explica la funcionalidad general de las diversas unidades. A continuación, se describen diversas unidades ópticas específicas en más detalle adicionalmente haciendo referencia (además de la Figura 3) a respectivas figuras específicas.

En general, la fuente de luz 2 incluye una unidad de emisor 100, una unidad de colimación 200 y una unidad de homogeneización 300, que son las unidades ópticas que definen un campo próximo óptico 400. En este documento, la combinación de la unidad de colimación 200 y unidad de homogeneización 300 se denomina como el sistema óptico 2A, que recibe luz desde la unidad de emisor 100 a través de una o más aperturas y emite luz a través de una abertura de salida que se destellan completamente preferentemente y representa una superficie que emite luz con una luminancia homogénea y una aceptación que se mantiene tanto de la aceptación original de la unidad de emisor 100.

La fuente de luz 2 puede incluir adicionalmente una unidad electrónica de control (no mostrada) para proporcionar el fondo electrónico para operar el proceso de generación de luz primario modo que tiene lugar en la unidad de emisor 100. De manera similar, la fuente de luz 2 puede incluir componentes estructurales tales como un alojamiento para proporcionar soporte para las unidades ópticas y colocar las mismas de manera fija entre sí.

Aguas abajo de la fuente de luz 2, se indica esquemáticamente un sistema de propagación 500 dentro del cual se amplía la extensión del haz de luz a un campo lejano óptico 600. En el campo lejano 600, el haz de luz a continuación cae en la unidad de tipo ventana 6. En algunas realizaciones, el sistema de propagación 500 comprende elementos reflectantes para plegar el haz y/o colimar el haz cuando ya tiene sus propiedades de campo lejano, por ejemplo, como se muestra en la Figura 2.

En general, la función de la unidad de emisor 100 es proporcionar luz de una manera que se adapta para un buen acoplamiento en la unidad de colimación 200, además, la luz se adapta al aspecto de iluminación. En particular se adapta a la interacción con la unidad de tipo ventana 6, por ejemplo, para proporcionar un color deseado del componente difuso delantero. La adaptación se refiere entre otras cosas a la distribución de dirección de emisión, el espectro de color y la distribución de intensidad.

Por ejemplo, la fuente de luz 2 proporciona luz en la región visible del espectro de luz con longitudes de onda entre 400 nm y 700 nm con un ancho espectral mayor de 100 nm, por ejemplo, mayor de 170 nm. En algunas realizaciones, la unidad de emisor 100 incluye un único emisor o una pluralidad de emisores que solos o en combinación proporcionan el respectivo espectro.

En general, la función de la unidad de colimación 200 es concentrar la propagación angular de direcciones de luz de la luz entrante. De este modo, se aumenta el área de emisión en su lado de salida para cumplir con el requisito de aceptación. Además, debería mantenerse tanta luminancia de la unidad de emisor 100 como sea posible. En otras palabras, la función de unidad de colimación 200 es recoger radiación y proyectar uniformemente la radiación en un ángulo sólido de proyección definido.

Para los sistemas de iluminación divulgados anteriormente, la propagación angular total requerida en el campo lejano depende de la distancia a y el tamaño del objeto a iluminar, en este caso la unidad de tipo ventana 6. Propagaciones angulares totales ortogonales de 10° y 30°, respectivamente, para un objeto rectangular (la unidad de tipo ventana 6) con un tamaño de 1 m x 2 m que se ilumina en 45° proporcionan una distancia aceptable entre la fuente de luz 2 y el elemento de tipo ventana 6. Como será evidente al experto, propagaciones angulares totales en el intervalo de 5° a 60° o en el intervalo de 5° a 50° se aplicarían para sistemas de iluminación como se analiza en el presente documento u otras aplicaciones de la fuente de luz divulgadas en este documento sin desviarse de los conceptos divulgados. De manera similar, propagaciones angulares totales del mismo o diferente tamaño en direcciones ortogonales, así como una propagación angular total de rotación simétrica serán evidentes para el experto en aplicaciones respectivas.

La unidad de colimación 200 se basa en el concepto de un concentrador parabólico, que transforma una propagación angular entrante de direcciones de luz a una propagación angular de salida de direcciones de luz mediante la reflexión en interfaces parabólicas.

La interacción de la unidad de emisor 100 y unidad de colimación 200 permite diversas configuraciones dependiendo del tipo y tamaño de la generación de luz (por ejemplo, un único LED o conjunto de LED) y la forma requerida del campo lejano. Por ejemplo, la unidad de colimación 200 puede basarse en un único o un conjunto de los así llamados concentradores parabólicos compuestos (CPC) 210.

Como se ilustra esquemáticamente en la Figura 3, el CPC 210 generalmente tiene una abertura de entrada 212 y una abertura de salida 214. Ejemplos de CPC incluyen concentradores huecos y concentradores de reflexión total interna (TIR) (también denominados como CPC dieléctricos). Concentradores parabólicos huecos proporcionan una superficie altamente reflectante con la forma de una parábola, mientras concentradores TIR proporcionan una estructura material que proporciona un índice de transición de refracción con la forma de una parábola que resulta en reflexión total interna. Un concentrador TIR puede ser, por ejemplo, un material basado en polímero (tal como basado en SILICONA) con la forma de una parábola girada.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 3, la forma básica del CPC 210 comprende segmentos parabólicos opuestos 220, 230 con diferentes puntos focales 222, 232. Por consiguiente, una interfaz parabólica (es decir una superficie reflectante para un CPC hueco o una interfaz de un índice de transición de reflexión) conecta la abertura de entrada 212 y abertura de salida 214. El punto focal 222 de la parábola definida mediante el segmento parabólico 220 se encuentra en la parábola definida mediante el segmento parabólico 230, mientras que el punto focal 232 de la parábola definida mediante el segmento parabólico 230 se encuentra en la parábola definida mediante el segmento parabólico 220. Los dos segmentos parabólicos 220, 230 son simétricos con respecto a reflexión a través de un eje 240 del CPC 210. El eje 240 se extiende a lo largo de unidad de colimación en dirección de la transmisión de luz a través del CPC 210.

Por definición, un eje 224 de parábola definido mediante el segmento parabólico 220 pasa a través del punto focal 222 y un eje 234 de parábola definido mediante el segmento parabólico 230 Asimismo pasa a través del punto focal 232. El ángulo que el eje 224 de la parábola 220 y el eje 234 de la parábola 230 hacen con el eje 240 del CPC 210 define la propagación angular total (de salida) del CPC 210.

La propagación angular total se define como el doble del ángulo de aceptación θ_{CPC} cuando el CPC es simétrico, la expresión que se origina desde el uso del CPC para recoger luz en la dirección inversa. En ese caso, la luz que entra en la abertura de salida 214 en un ángulo de incidencia con respecto al eje 240 menor que el ángulo de aceptación se refleja a través de la abertura de salida y la luz con un ángulo de incidencia mayor que el ángulo de aceptación no se refleja a abertura de entrada. En este documento, también se referirá a la mitad de la propagación angular como el ángulo de aceptación θ_{CPC} del CPC 210 a pesar del hecho que el CPC 210 no está aceptando sino proporcionando luz con un ángulo hasta el ángulo de aceptación θ_{CPC} relativo al eje 240.

En otras palabras, cuando se usa el CPC 210 para colimación, la luz que entra en la abertura de entrada 212 dejará la abertura de salida con una dirección de propagación que es como mucho el ángulo de aceptación θ_{CPC} como se indica mediante una serie de ilustraciones de ángulo de abertura 250 en la abertura de salida 214. Será evidente al experto que, en realizaciones del mundo real, se producirán algunas pérdidas y por consiguiente también puede estar presente una menor población de ángulos más grandes, pero en principio, el CPC 210 proporcionará esencialmente un haz de luz colimado en su abertura de salida 214 con una propagación angular total de $2\theta_{CPC}$. En la aplicación de imitación de luz del sol, permanecer tan cerca como sea posible de la forma parabólica aumentará las propiedades de las propiedades de trazado de rayos del haz (menos población de rayos fuera de la propagación angular total) ya que el ángulo de aceptación θ_{CPC} se define bien únicamente con configuraciones de parábola pura. Por lo tanto, a este respecto, propiedades de trazado de rayos pueden preferirse a eficiencia.

En vista de la localización de la luz que entra en el CPC 210 con respecto a intensidad y color cuando se usan, por ejemplo, LED localizados de color variable, también la luz que sale del CPC 210 puede tener alguna falta de homogeneidad a través de abertura de salida 214 en intensidad y color. Además, en el caso de un conjunto de CPC 210, el grosor de las paredes 226, 236 del CPC reflectante 210 resultará en las áreas oscuras 260 entre los CPC vecinos 210. Por consiguiente, cuando se mira a la abertura de salida 214, un observador puede ver alguna falta de homogeneidad tales como una estructura debido a la localización de la luz que entra en el CPC 210 así como las áreas vacías 260.

En general, la función de la unidad de homogeneización 300 es homogeneizar adicionalmente la luz que emerge desde la unidad de colimación 200 y producir una proyección similar a la producida por la unidad de colimación 200 pero mucho más homogénea (parte superior plana rectangular en el campo lejano) tanto en luminancia como (en caso) en color.

La unidad de homogeneización 300 representa el último elemento óptico que forma el campo próximo 400 y por lo tanto es, cuando se mira a la fuente de luz 2, el elemento óptico que determina la impresión de la imitación del sol por un observador. En ese contexto, la sección de emisión de luz del lado de salida de la unidad de homogeneización 300 se denomina como una abertura de salida 320 de la fuente de luz 2. El diámetro de una abertura de salida circular (aproximada) depende de la divergencia y distancia requeridas para la iluminación que

imita la luz del sol. El diámetro puede estar en el intervalo de 80 mm a 400 mm (tales como 100 mm o 150 mm o incluso mayor de 400 mm) para divergencias de haz en el intervalo de 5° a 50° y respectivas distancias entre el observador y la fuente de luz 2.

5 El objetivo de la unidad de homogeneización 300 es proporcionar una luminancia casi constante a través del haz en el campo próximo, proporcionando por lo tanto una intensidad constante para ángulos de observación variables en el campo lejano del haz. Como se describe en el presente documento, pueden usarse configuraciones de lentes emparejadas tales como conjuntos de lentes dobles en tándem en la unidad de homogeneización 300 como elementos ópticos.

10 Ejemplos de conjuntos de lentes dobles en tándem incluyen el condensador de lente múltiple (FEC) 310 o dos conjuntos de lentes separados por aire. En general, las lentes pueden ser elipsoidales para reducir aberración esférica. Sin embargo, para mantener la distribución angular, normalmente dos lentes opuestas tienen una distancia focal f idéntica y se colocan a una distancia igual $e = f n$, siendo n el índice de refracción (medio) entre las lentes. El
15 FEC 310 puede ser, por ejemplo, un elemento de carga de plástico con micro-lentes formado en caras opuestas como conjuntos de micro-lentes ("micro"-lente se refiere a una lente con diámetros en el intervalo de o por debajo de milímetros, ese tamaño puede ser, por ejemplo, útil para aberturas de salida en el intervalo de 0,1 a 0,2 mm; aberturas de salida mayores puede también usar en principio lentes más grandes).

20 La unidad de homogeneización 300 se adapta al ángulo de aceptación θ_{CPC} y remezcla dentro de áreas pequeñas la luz emitida desde la unidad de colimación 200. La propia unidad de homogeneización 300 puede caracterizarse por un ángulo de aceptación que se selecciona en vista del ángulo de aceptación de la unidad de colimación 200, por ejemplo θ_{CPC} del CPC 210. Además, pueden seleccionarse extensiones laterales y colocación de pares de lentes en vista de configuraciones específicas tales como una configuración de conjunto de CPC de la unidad de colimación
25 200 para evitar cualquier repetición de patrones.

Durante la propagación del haz de luz dentro del sistema de propagación 500 durante, por ejemplo, varios metros, el campo lejano 600 se desarrolla a partir del campo próximo 400. En algunas realizaciones, están presentes espejos plegables para reducir el tamaño del sistema de propagación 500 y/o se proporciona alguna óptica de reenfoque
30 global en el sistema de propagación 500 para adaptar el tamaño del haz de luz a la unidad de tipo ventana 6.

A continuación, se divulgan realizaciones ilustrativas de las unidades ópticas para la configuración específica, en las que la imitación del sol requiere un campo próximo circular (abertura de salida circular 320), cuyo campo lejano, sin embargo, se adapta a una geometría rectangular de una unidad de tipo ventana.

35 En la Figura 3, la unidad de emisor 100 se indica ilustrativamente como la sección transversal de un LED 110 que tiene un área de emisión 112 que se enfrenta a la abertura de entrada 210 de un único CPC 210. El área de emisión 112 emite luz en un gran intervalo de distribución angular, por ejemplo, para un LED plano en un patrón de radiación de Lambert.

40 Como se muestra en la Figura 3, el CPC 210 se monta a alguna distancia d_{LED} (medida en dirección del eje 240) de la superficie del LED 110 porque el CPC hueco reflectante mostrado en la Figura 3 podría dañar el LED 110, cuando se monta directamente en el mismo. Basándose en la distancia d_{LED} , se produce alguna pérdida de luz para esa luz que se emite en el hueco entre el LED 110 y el CPC 210 y por lo tanto no se colima por el CPC 210. Esas pérdidas pueden reducirse en principio cuando se usa un CPC dieléctrico que en principio -suponiendo un material "blando" tal como SILICONA - podría estar en contacto con el área de emisión 112.

45 Como se muestra adicionalmente en la Figura 3, cada una de la parábola 220 y parábola 230 se extienden a través de los respectivos extremos laterales del área de emisión 112, permitiendo de este modo la colimación eficiente colocando la fuente en el área de recogida de luz del CPC 210. En otras palabras, la posición del área de emisión 112 está en o aguas arriba de los puntos focales 222, 232, colocando de este modo el área de emisión en la sección parabólica que está colimada.

50 Mientras en la Figura 3 por simplicidad de la ilustración, se muestra únicamente un único LED 110 con una única área de emisión 112, en principio pueden usarse múltiples LED para emitir en un único CPC 210 y/o un LED que tiene múltiples áreas de emisión. Por ejemplo, pueden disponerse múltiples LED en un conjunto de una o dos dimensiones que entonces está sujeto a un único CPC de la geometría requerida. Sin embargo, cualquier espacio entre las áreas de emisión no contribuirá y por lo tanto limitará la aceptación y adicionalmente afectará a la homogeneidad de la salida del CPC (el último puede superarse al menos parcialmente mediante la unidad de homogeneización 300).

55 [0069]Para un área de emisión con forma cuadrada 112, puede usarse un CPC cuadrático con cuatro formas parabólicas idénticas, que resultará en un campo próximo cuadrático y un campo lejano cuadrático con divergencia angular idéntica en las direcciones ortogonales - suponiendo formas parabólicas idénticas. De manera similar, puede recogerse un área de emisión con forma circular 112 con un CPC circular, que resulta en un campo próximo circular
60 y un campo lejano circular con divergencia angular de eje simétrico sin FEC. Para haces de campo lejano

rectangular, puede usarse un área de emisión rectangular 112 en combinación con un CPC rectangular como se analiza a continuación.

5 Para campos próximos circulares, generalmente podrían aplicarse configuraciones de máscara. Sin embargo, cada máscara bloqueará la luz y por lo tanto reducirá la eficiencia. En contraste, una disposición de múltiples CPC puede aproximarse a una forma circular como se describirá a continuación. En particular esto puede hacerse con CPC rectangulares para proporcionar un campo lejano rectangular o con CPC circulares para proporcionar un campo lejano circular.

10 En la Figura 4, se muestra una disposición ilustrativa 400 de LED que permite emitir eficientemente en CPC rectangulares y además soporta la forma circular de la apertura de salida del sistema de iluminación 2A. Adicionalmente, el espectro de un único CPC puede sintonizarse mezclando diversos tipos de LED. La disposición de múltiples LED por CPC proporciona la flexibilidad de una fuente de luz sintonizable en el nivel de CPC.

15 Como un ejemplo, la Figura 4 muestra una disposición de LED blanco frío, blanco cálido, verde (cian) y azul (indicados como C, W, G y B, respectivamente) en tramas de LED 410 de seis LED. Además de disponer el LED para distribuir homogéneamente sus colores por todos los CPC (sin modulación de color en aspecto cuando se mira a nivel de unidad de colimación 200), los diversos tipos de color de LED también pueden distribuirse en su posición dentro de la trama de LED 410 de tal forma que cada posición de la trama de LED puebla homogéneamente cada posición en el campo lejano con todos los colores.

20 En la Figura 4, una trama de LED 410 con seis LED de tamaño de área de emisión de 1 mm x 1 mm y un espacio de 0,5 mm entremedias de dos LED vecinos (no mostrados) corresponde al emisor para un CPC. En esa configuración, las parábolas de un CPC rectangular que delimitan el extremo corto de trama de LED 410 puede extenderse a través de los respectivos extremos laterales de las áreas de emisión del primer y último de los LED en la trama de LED 410.

25 Además, la disposición de la Figura 4 soporta un campo próximo circular. Específicamente, la unidad de emisión 100 comprende una sección central 420 de forma rectangular (mostrada ilustrativamente como una matriz de seis líneas teniendo cada una cuatro tramas de LED 410) y dos secciones de tipo trapecio isósceles 430. Las secciones de tipo trapecio isósceles 430 se disponen respectivamente al lado de los lados largos 422, 424 de la sección central 420. En cada sección de tipo trapecio isósceles 430, el número de tramas de LED en cada línea se reduce escalonadamente por uno hasta que la longitud de la línea exterior se extiende aproximadamente tan larga como se extiende la sección central 420 en dirección de sus lados cortos 426, 428 de tal forma que las secciones de tipo trapecio isósceles 430 se aproximan a la forma de segmentos de un círculo.

30 La realización de la Figura 4 representa una muestra de la unidad de emisor 100 que se aproxima - basándose en LED cuadrados dispuestos en empaquetado compacto - un emisor continuo y rectangular dedicado a proyección de campo lejano (asimétrica).

35 Además, la unidad de emisión 100 puede incluir una estructura de montaje (tales como los agujeros roscados 440) para montar con precisión la unidad de colimación 300 en, por ejemplo, la disposición de LED y garantizar alineamiento apropiado en particular en las direcciones del plano de tramas de LED 410.

40 Adicionalmente, la unidad de emisión 100 puede incluir una sección de control 450 que proporciona la potencia a las tramas de LED 410.

45 No limitar la emisión angular mediante una lente convexa o cualquier otra óptica, por ejemplo, directamente fijada al LED 110, permite la alimentación de una gran entrada angular a la unidad de colimación 200 y poblar el intervalo angular completo o al menos grande de direcciones de propagación de luz a la unidad de colimación 200. En otras palabras, el plano disposición de LED en la entrada de los CPC se configura para proporcionar superficies destelladas casi completamente en la(s) entrada(s) del CPC, que no es posible con una cúpula colimando ya la luz de los LED individuales.

50 Pueden usarse dispositivos de emisión de luz diferentes de LED, por ejemplo, proporcionando una fuente de luz que tiene una cubierta con abertura(s) específicamente adaptada(s) a las aberturas de entrada de CPC.

55 La Figura 5 muestra una unidad de colimación 1200 configurada para recibir luz de la unidad de emisión de luz 100, tal como la luz de la disposición de LED mostrada en la Figura 4.

60 Específicamente, la unidad de colimación 1200 es un conjunto de dos dimensiones de CPC rectangulares 1210. En particular, los CPC rectangulares 1214 se disponen uno al lado del otro y se empaquetan estrechamente. Todos los CPC rectangulares 1214 son iguales y se disponen de modo que sus aberturas de entrada 1212 se sitúan en el mismo plano de entrada y sus aberturas de salida 1214 se sitúan en el mismo plano de salida. La disposición de todas las aberturas de salida 1214 compone una abertura de salida de CPC, que se aproxima a una superficie. De manera similar, todas las aberturas de entrada se colocan para recibir luz emitida desde con una región circular tales

como las provistas mediante las tramas de LED 410 de la unidad de emisor 100.

Para aproximarse a la forma circular de la abertura de salida de CPC, la unidad de colimación 1200 comprende CPC rectangulares 1214 que forman una sección central de forma rectangular (en la Figura 5 se muestra ilustrativamente una matriz de seis líneas de cada cuatro CPC) y dos secciones de tipo trapecio isósceles. Secciones de tipo trapecio isósceles se disponen respectivamente al lado de los lados largos de la sección central. En cada sección de tipo trapecio isósceles, el número de CPC en cada línea se reduce escalonadamente por uno hasta que la longitud de la línea exterior se extiende aproximadamente tan larga como se extiende la sección central en dirección de sus lados cortos de tal forma que la forma de segmentos de un círculo se aproximan. En el ejemplo de la Figura 5, una línea interior 1270 de cada sección de tipo trapecio isósceles comprende tres y una línea exterior 1272 comprende dos CPC rectangulares 1214.

De manera similar, son posibles realizaciones en las que la superficie compuesta se aproxima a una forma elíptica.

Un único CPC rectangular 1214 tiene una abertura de entrada rectangular 1212 con, por ejemplo, una anchura de 1,2 mm ligeramente mayor que el área de emisión de LED de 1 mm x 1 mm (ajustándose de este modo exactamente a un único LED cuadrático) y una longitud de aproximadamente 9,0 mm ligeramente mayor que una única trama de LED rectangular 410. Además, un único CPC rectangular 1214 tiene una abertura de salida 1214 con una anchura de aproximadamente 12 mm y longitud de aproximadamente 32 mm. Para los CPC huecos en la Figura 5, el grosor de pared está en el intervalo de 0,2 mm a 1 mm tal como 0,4 mm. Por consiguiente, los pasos de desplazamiento 1216, 1218 de CPC vecinos es la longitud/anchura de una abertura de salida más el doble del grosor de la pared, correspondiendo a la extensión física del CPC.

El CPC rectangular 1214 tiene una forma de tipo embudo y se forma mediante cuatro superficies reflectantes parabólicas, cada una de las cuales está curvada en una dimensión de acuerdo con la Figura 3. Las caras interiores son superficies de espejo, por ejemplo, de una lámina de aluminio metálico, y son altamente reflectantes. Las caras internas opuestas se forman con una forma parabólica idéntica para proporcionar en la abertura de salida 1214, por ejemplo, una propagación angular total de 30° (a través de su longitud) y 10° grados (a través de su grosor).

La Figura 5 adicionalmente ilustra una configuración de montaje con una primera placa de montaje 1280, una segunda placa de montaje 1282 y barras de mantenimiento de distancia 1284, que en combinación garantizan el alineamiento apropiado de los CPC 1210. Específicamente, la primera placa de montaje 1280 comprende una abertura de colocación 1286, que en forma corresponde a la línea circunferencial de la disposición de CPC en el lado de salida. La segunda placa de montaje 1282 comprende para cada CPC una abertura de colocación individual 1288, que en forma corresponde a la línea circunferencial de un único CPC 1210 a alguna distancia de su abertura de entrada.

El alineamiento correcto de la primera placa de montaje 1260 y la segunda placa de montaje 1262 entre sí se consigue a través de barras de mantenimiento de distancia 1284. Específicamente, la pluralidad de CPC idénticos 1210 se coloca primero en (y por ejemplo encolado a) la abertura de colocación 1286 de la primera placa de montaje 1280. A continuación, la segunda placa de montaje 1282 con aberturas de colocación individuales 1288 se pone encima de (y por ejemplo encolada a) los CPC 1210. Finalmente, las placas de montaje se fijan entre sí en un ángulo fijo y distancia a través de barras de mantenimiento de distancia 1284.

En algunas realizaciones, los CPC se alinean con la primera placa de montaje 1260 y a continuación se fijan entre sí y la primera placa de montaje 1260, por ejemplo, mediante cola. Por consiguiente, la segunda placa de montaje 1262 puede no requerirse.

La unidad de colimación 1200 permite desacoplar las características de haz de luz, y en particular la forma de su sección transversal y su divergencia, a partir de la forma del haz cuando el haz sale de la unidad de colimación 1200.

En el presente caso, los CPC 1210 generan "haces de luz unitarios" idénticos que tienen secciones transversales rectangulares que se desplazan entre sí por el tamaño de un CPC. Este desplazamiento es pequeño en comparación con el haz en el campo lejano de tal forma que esencialmente todos los haces se superponen entre sí para formar una iluminación de campo lejano rectangular. En la práctica, los haces de luz unitarios se fusionan en un haz de luz compuesto que tiene la misma sección transversal rectangular y la misma divergencia que un único haz de luz unitario. Por lo tanto, la realización mostrada en las Figuras 4 y 5 permite que se genere un haz compuesto, que tiene una sección, en un plano perpendicular al eje del propio haz compuesto y a una distancia deseada de la fuente de luz 2, que es un rectángulo de un área y forma deseadas.

Adicionalmente, la realización de las Figuras 4 y 5 habilita la creación de una fuente de luz que tiene una superficie de emisión que puede tener cualquier forma, por ejemplo, una forma circular o elíptica. El tamaño de las aberturas de salida determina la circunferencia modificada de tipo escalón. Aunque puede usarse alguna máscara para eliminar los aún existentes escalones en la línea circunferencial, en vista del alto brillo del haz, un observador - cuando mira a la unidad de colimación 1200 - normalmente no se percatará de esos escalones de tal forma que una

máscara puede no requerirse necesariamente y puede no necesitarse introducirse ninguna pérdida debido al bloqueo de los haces.

5 Pueden usarse otras formas y tipos de concentradores reflectantes. En general, el CPC puede ser CPC huecos, así como CPC de TIR como se ha analizado anteriormente.

10 En algunas realizaciones, áreas de emisión cuadradas se combinan con correspondientes CPC de un tipo cuadrado, que presenta una abertura de entrada cuadrada y una abertura de salida cuadrada. De esta forma, cada dispositivo de emisión genera un haz cuadrado, que puede tener la misma divergencia en dos direcciones ortogonales.

15 En algunas realizaciones, áreas de emisión circulares se combinan con correspondientes CPC de un tipo circular, que presenta una abertura de entrada circular y una abertura de salida circular. En este caso, los CPC generan un haz con una simetría circular.

20 La Figura 6 ilustra una disposición de CPC circulares 1290 con una distancia 1292 entre CPC circulares vecinos 1290. Debido a la geometría circular, la extensión de regiones oscuras 1260 entre (tres) CPC 1290 es mayor que el doble del grosor de las paredes, que afectará a la colocación de la unidad de homogeneización 300 como será evidente a continuación. Además, en comparación con los CPC rectangulares empaquetados ajustadamente, la aceptación general se reducirá porque la abertura de salida tiene secciones (más grandes) de áreas oscuras no emisoras.

25 Adicionalmente, en caso de que el sistema reflectante comprende un espejo que tiene la forma de un paraboloide circular, el uso de la fuente de haces circulares es ventajoso. En este caso, la fuente de luz 2 puede hacerse de un único CPC circular, que se acopla al conjunto de LED circulares, permitiendo esta solución obtener un campo próximo circular.

30 Como se ha analizado anteriormente, las realizaciones divulgadas habilitan entre otras una proyección rectangular en el campo lejano a pesar de un aspecto circular de la apertura de salida de la fuente de luz 2, es decir un campo próximo circular. Además, los CPC permiten la (casi) máxima conservación de luminancia de la luz de LED después de la colimación.

35 Además, se desea una gran homogeneidad (en luminancia y en algunos casos en color) del punto de parte superior plana proyectado en el campo lejano. La disposición de CPC, sin embargo, sí que transmite las fuentes de luz de LED discretas de tal forma que un observador puede ver una correspondiente falta de homogeneidad en luminancia/color. Por ejemplo, cuando mira a la estructura de CPC desde el lateral, se verá siempre un lado del CPC. Debido a las tramas de LED, se verá una estructura/modulación de tipo raya en luminancia (aspecto) debido a iluminación directa de los lados por las de tramas de LED con menos regiones iluminadas entremedias. Esto resulta en una estructura de tipo cuadrícula en la abertura de salida del CPC. Además, en particular para CPC hueco, se requiere un mínimo grosor de paredes que - como se muestra en la Figura 3 - resulta en las áreas oscuras 260. El área oscura adicionalmente resalta la estructura de tipo cuadrícula.

40 Por consiguiente, la homogeneidad en la apertura de salida sin la unidad de homogeneización 300 puede aún mejorarse. Se observa que para un proyector de alta luminancia el aspecto visual de la fuente de luz es de poco/ningún interés porque únicamente se observa la luz proyectada de campo lejano. Por lo tanto, la percepción de un disco destellado completamente uniforme como la imitación del sol es un aspecto peculiar de los sistemas de iluminación que imitan la luz del sol. La unidad de homogeneización 300 se configura para eliminar o al menos reducir agotamientos y modulaciones de luminancia a través de la abertura de salida.

45 A continuación, se describe el FEC 310 basándose en conjuntos de micro-lentes como un ejemplo de una configuración de lentes emparejadas en conexión con las Figuras 3, 6 y 7.

50 El FEC 310 es un sistema óptico hecho de un par de conjuntos de lentes 1312, 1314 que se colocan a distancia focal (dentro del medio) entre sí. En este documento un par de una primera lente 1322 del primer conjunto 1312 y una segunda lente 1324 del segundo conjunto 1314 se denominan como una lentilla 1320.

55 La Figura 7 ilustra una secuencia de cinco lentillas 1320. La primera lente de cada lentilla enfoca cada componente de onda plana a la superficie de la segunda lente. En particular, la luz se enfoca en una posición lateral (xy) que es específica para la dirección de propagación de onda plana. Esto se ilustra en la Figura 3 así como en la Figura 6 para tres direcciones de propagación de onda plana ilustrativas. Mientras en la Figura 3 se ilustran direcciones de propagación a lo largo de 0° así como a lo largo de $\pm\theta$, la Figura 7 ilustra 0° así como dos ángulos incidentes, "más pequeños" de $\pm\theta$.

60 Como se muestra en la Figura 3, una onda plana 1330 que corresponde a una porción de haz que se propaga a lo largo de 0° se enfocará centralmente en la segunda lente (punto de enfoque 1332). Una onda plana 1340 que viene de la izquierda enfocará en el lado derecho (punto de enfoque 1342) y una onda plana 1350 que viene de la derecha enfocará en el lado izquierdo (punto de enfoque 1352). En el campo próximo, por ejemplo, cuando el FEC se coloca

en el campo próximo de la fuente de luz (pero no muy cerca...), cada lentilla 1320 se ilumina mediante todas las direcciones de propagación dentro del intervalo de la propagación angular total del CPC ($|\text{angular de propagación}| < \theta_{\text{CPC}}$).

5 La segunda lente produce en el campo lejano una imagen de la primera lente (por ejemplo, un rectángulo para apertura de lente rectangular) cuando la primera lente se ilumina (casi) uniformemente. En otras palabras, cada lentilla remezcla la luz que cae en la misma de tal forma que un punto en la primera lente se representa (se correlaciona con) una posición específica en el campo lejano. En otras palabras, cada punto en el campo lejano recibe una contribución desde cada punto iluminado en la primera lente. Esto se indica mediante los conjuntos 1334, 1344, 1354 de rayos de luz que emergen desde cada punto de enfoque en la Figura 7.

10 Las lentillas 1320 de FEC 310 se asocian a un ángulo de aceptación que se determina mediante la distancia focal de las lentes y la abertura de las lentes. En caso de que la distancia focal de las dos lentes sea idéntica y las lentes se coloquen a una distancia igual $e = f n$, la divergencia de salida (también denominada como ángulo de aceptación) de FEC 310 es proporcional a la abertura a de la única lente dividida por la distancia focal f .

15 En otras palabras, el ángulo de aceptación β de FEC corresponde al (medio) ángulo de salida y se vincula a la geometría del conjunto de micro-lentes mediante $\beta \sim a/(2f)$ - como se muestra en la Figura 3 - siendo a la abertura (completa) de la lente (dimensión lineal) y f la distancia focal (en aire; el grosor de la capa nf , siendo n el índice de reflexión medio de la lentilla). Esta fórmula se mantiene para ángulos pequeños, mientras que se necesitan correcciones de orden mayores para medios ángulos de aceptación $> 5^\circ$ a 10° .

20 Relevante para el aspecto de FEC 310, cuando se mira en la apertura de salida, es la correspondencia entre la aceptación angular θ_{CPC} del CPC 210 y la aceptación angular β_{FEC} de FEC 310.

25 Si la apertura angular (de entrada) θ_{CPC} del haz que impacta en el primer conjunto es mucho más pequeña que el ángulo de aceptación β_{FEC} de las lentillas, únicamente la porción central del segundo conjunto recibirá y propagará luz. Por lo tanto, cuando se mira al FEC, una cuadrícula de pequeñas regiones luminosas que corresponden a estos puntos será visible (la luz se emite únicamente desde el segundo conjunto mediante estos puntos).

30 Sin embargo, cuando la apertura angular (de entrada) θ_{CPC} coincida con (o al menos está próximo a) el ángulo de aceptación β_{FEC} , todo el segundo conjunto de lentes recibe luz desde el primer conjunto. A continuación, cuando se mira al FEC, se percibe un objeto totalmente destellado. En algunas realizaciones, los ángulos de los CPC y el FEC coinciden exactamente, alimentando de este modo al FEC con los ángulos de aceptación del propio FEC.

35 En general, el aspecto del objeto, con la condición de que la apertura angular (de entrada) θ_{CPC} coincida con el ángulo de aceptación β_{FEC} , depende únicamente del perfil de iluminancia en el nivel del primer conjunto.

40 Específicamente, cualquier estructura debido a la discretización del conjunto de LED y geometría de CPC ajustada (es decir los CPC no están en contacto directo con las fuentes de LED) pueden deslavarse (o al menos reducirse) mediante el remezclado a través del FEC 310.

45 Para completitud, rayos que impactan en la primera lente a ángulos mayores que el ángulo de aceptación β_{FEC} se dirigen a una lente adyacente de la segunda capa (no a la correspondiente lente de la lentilla), produciendo de este modo diferentes órdenes en el campo lejano (es decir clones de la imagen de la lente). Este efecto se denomina como diafonía entre lentillas de FEC y puede resultar en iluminación de fondo dentro de la caja oscura.

50 La Figura 8 ilustra la combinación de un FEC 1310 con un CPC 1210. El CPC 1210 proporciona una divergencia de haz de 10° y 30° en la dirección x e y , respectivamente. Para proporcionar una iluminación destellada completamente en la dirección x e y , el FEC 1310 comprende lentillas rectangulares 1360 que se adaptan en tamaño a la respectiva propagación angular total entrante del haz de CPC saliente. Específicamente, una divergencia de salida de 10° y 30° indica una forma rectangular para las lentillas de, por ejemplo, $a_x = 0,7$ mm y $a_y = 2$ mm en un grosor de aproximadamente $e = 5$ mm.

55 Como se ha descrito anteriormente, el objetivo para proporcionar una abertura de salida continuamente iluminada de la fuente de luz 2 se soporta mediante divergencias coincidentes del FEC 310 a las CPC 210. Sin embargo, se requiere una iluminación continua de FEC 210 porque las lentillas no iluminadas 1360 no emitirán ninguna luz.

60 Para ese propósito, la unidad de homogeneización 300, y en particular el FEC 310, se coloca a alguna distancia $d_{\text{CPC-FEC}}$ detrás de las aberturas de salida 214 de la unidad de colimación 200. De este modo, debido a la divergencia de los haces de CPC individuales, las áreas oscuras 260 creadas por las paredes de los CPC 210 resultan en áreas de tipo sombra reducidas en profundidad (contraste reducido) y esencialmente ya no pueden estar presentes como áreas de tipo sombra a través del haz y por lo tanto en lentillas de FEC 310. Los inventores se dieron cuenta que se requiere una distancia mínima entre las aberturas de salida 214 y FEC 310 para conseguir una abertura de salida iluminada altamente homogéneamente de FEC 310. Cuanto más pequeño sea el haz divergencia, mayor se requiere

65

una distancia $d_{CPC-FEC}$. Lo mismo se aplica al ángulo de aceptación del FEC, que en este caso corresponde esencialmente a la divergencia de haz del CPC (medio ángulo). Por lo tanto, a pesar de que la distancia adicional reduce la luminancia a medida que el haz se amplía, la homogeneidad de la luminancia se aumenta.

5 En otras palabras, cada micro-lente de entrada de un conjunto de micro-lentes recibe una porción del campo próximo del haz (es decir iluminación de la lente de entrada) y proyecta la misma en el campo lejano representando la misma con la micro-lente de salida. La correspondencia entre la propagación angular de los CPC y la propagación angular del conjunto de micro-lentes reduce agotamientos en el aspecto visual de los conjuntos de micro-lentes. Si la apertura angular de los CPC es más pequeña que la de los conjuntos de micro-lentes, la apertura de salida aparece no totalmente destellada y aparecen agotamientos de luminancia en las micro-lentes. La modulación resultará posteriormente en cuadrículas, estructuras estropeando el aspecto del sol, y múltiples sombras en la media sombra de objetos iluminados. Usando el sistema óptico divulgado en este documento, puntos calientes de la película de entrada y modulaciones de color en la entrada del CPC (aberturas de entrada) pueden promediarse.

15 Para proporcionar apertura de salida destellada completamente, la correspondencia de los ángulos de aceptación CCP y FEC puede seleccionarse de tal forma que al menos el 70 %, al menos el 90 %, al menos el 85 %, al menos el 95 % o incluso el 100 % de la superficie del segundo conjunto de lentes se ilumina. De manera similar, hasta el 10 % o hasta el 5 % de una micro-lente vecina puede eliminarse teniendo aún un aspecto homogéneo aceptable de la apertura de salida.

20 Para disposiciones de CPC que no tienen ninguna región oscura, el requisito anterior de una distancia mínima puede no darse. Sin embargo, como se ha explicado anteriormente, introduciendo una distancia mínima entre el conjunto de micro-lentes y las aberturas de salida de CPC reducirá adicionalmente o incluso superará estructuras inducidas por las regiones oscuras o difuminará por medio de estructuras de campo próximo residuales de propagación (tanto en color como luminancia) debido a discretización de LED, por ejemplo.

25 Con respecto a la correspondencia de las aberturas angulares, se propone seleccionar $0,90 \beta_{FEC} \leq \theta_{CPC} \leq 1,10 \beta_{FEC}$. Esto, por ejemplo, se aplicaría a divergencias de 10° y 30° . En algunas realizaciones, las siguientes relaciones serían aceptables: $\theta_{CPC}(30^\circ)/\beta_{FEC}(30^\circ) = 1,05$ y $\theta_{CPC}(10^\circ)/\beta_{FEC}(10^\circ) = 0,90$. En algunas realizaciones, incluso podrían funcionar en principio desequilibrios mayores tal como $0,85 \beta_{FEC} \leq \theta_{CPC} \leq 1,15 \beta_{FEC}$.

Divergencias alternativas para CPC y FEC están en el intervalo de, por ejemplo, 7° a 20° para el ángulo más pequeño y 15° a 50° para el ángulo más grande.

35 Para CPC dieléctricos (en lugar de CPC huecos) al menos en principio, se podrían producir muchos CPC dieléctricos individuales y ensamblar los mismos en un conjunto sin paredes de separación. Por consiguiente, puede no ser necesaria una distancia mínima o puede resultar a partir de imperfecciones provocadas mediante el proceso de fabricación en la región de transición.

40 Como se ha indicado anteriormente, aunque se introduce alguna distancia entre los CPC y FEC, no se usa ninguna lente inmediatamente aguas debajo de los CPC para no insertar superficie(es) adicional(es) que afecte al haz. Por lo tanto, se reduce ligeramente la luminancia media final, pero se obtiene una mejor entrada para el FEC.

45 Con respecto a la distancia mínima, se estimó basándose en θ_{CPC} y la extensión de la región oscura que para asegurar una superposición de los pequeños haces forman CPC adyacentes, una distancia mínima D_{min} es $p / (2 \tan(\theta_{CPC}))$, siendo p la extensión de la región oscura, normalmente en la dirección de la divergencia mínima, que domina el efecto de las áreas oscuras. Para distancias mayores, el FEC recibe, en principio, una iluminación sin la cuadrícula oscura e intensa o con la cuadrícula oscura e intensa significativamente y progresivamente reducida.

50 Para CPC rectangulares huecos con regiones oscuras (en el lado de salida del CPC) de aproximadamente 0,8 mm (que corresponde al grosor de paredes de una doble película de aluminio reflectante de 0,4 mm) y una divergencia mínima de 10° , se evaluó que el aspecto de las líneas negras ("sombra" de tipo cuadrícula de la pared) desaparece a distancias en el intervalo de 10 mm a 30 mm. La estimación mínima teórica de 10 mm indica dónde comienza la superposición entre dos haces vecinos. Para una buena eliminación de la cuadrícula oscura percibida, debería aplicarse una distancia mínima de, por ejemplo, al menos dos veces esa longitud mínima, por ejemplo, al menos 25 mm o al menos 30 mm. Sin embargo, cuanto mayor sea la distancia seleccionada, mayor será la reducción de luminancia.

60 Para realizaciones con CPC(s) circular(es), pueden proporcionarse configuraciones de FEC con lentillas con forma hexagonal para un campo lejano hexagonal, esencialmente un campo lejano circular aproximado.

65 La Figura 9 muestra un sistema óptico 2A que comprende la unidad de colimación 1200 de la Figura 5 en el estado montado y fijada al mismo, un FEC 1410. El FEC 1410 se monta a una distancia preseleccionada (mayor que la distancia mínima D_{min}) de las aberturas de salida de los CPC de la unidad de colimación 1200 a través de los soportes de marco 1420 y separadores 1430. El FEC 1410 puede hacerse a partir de un molde que fuerza a la

estructura de micro-lente a un área circular.

Para evitar adicionalmente estructura repetitiva en la abertura de salida, las dimensiones de las lentillas y la abertura de salida se seleccionan de tal forma que hay un desplazamiento en posición entre CPC vecinos, por ejemplo, la longitud de lentilla no es un número entero de la longitud del CPC (incluyendo el grosor de paredes).

Haciendo referencia a la Figura 1, la unidad de tipo ventana 6 se ilumina mediante la fuente de luz 2, por ejemplo, que tiene como máximo un sistema de espejos plegables entremedias de la apertura de salida y la unidad de tipo ventana 6. Como se ha analizado anteriormente con respecto al sistema de iluminación, el generador de luz difusa 20 tiene forma, por ejemplo, de un panel tal como un panel paralelepípedo. En particular, el panel puede delimitarse por dos superficies paralelas y puede ser delgado con un grosor, medido a lo largo de una dirección perpendicular a las superficies, que tiene un valor cuadrado inferior al 5 %, por ejemplo, inferior al 1 %, del área de las superficies.

La unidad de tipo ventana 6 puede ser un panel de Rayleigh que sustancialmente no absorbe luz en el intervalo visible y que difunde luz en el intervalo de longitud de onda azul (alrededor de 450 nm) al menos 1,2 veces, por ejemplo al menos 1,4 veces, tal como al menos 1,6 veces más eficientemente que la luz en el intervalo de longitud de onda roja (alrededor de 650 nm), en la que se proporciona una eficiencia de difusión mediante la relación entre la potencia de radiación de luz difusa con respecto a la potencia de radiación de la luz que impacta.

En algunas realizaciones, el generador de luz difusa 20 comprende una matriz sólida de un primer material (por ejemplo, una resina o plásticos que tienen excelente transparencia óptica), en la que se dispersan nanopartículas de un segundo material (por ejemplo, óxidos inorgánicos tales como ZnO, TiO₂, ZrO₂, SiO₂, Al₂O₃). El segundo material tiene un índice de refracción diferente del índice de refracción del primer material. Preferentemente, el primer y el segundo material básicamente no absorben radiación electromagnética en el intervalo de longitud de onda visible.

Además, el generador de luz difusa 20 puede ser uniforme, en el sentido de que, dado cualquier punto del generador de luz difusa 20, las características físicas del generador de luz difusa 20 en ese punto no dependen de la posición de ese punto. Adicionalmente, el generador de luz difusa 20 puede ser monolítico.

En algunas realizaciones, las nanopartículas con forma esférica o con otra forma pueden monodispersarse y/o tener un diámetro efectivo D dentro del intervalo de [5 nm-350 nm], tal como [10 nm-250 nm] o incluso [40 nm-180 nm] o [60 nm-150 nm], donde el diámetro efectivo D viene dada por el diámetro de las nanopartículas multiplicado por el índice de refracción del primer material.

Además, nanopartículas se distribuyen dentro del generador de luz difusa 20 de una manera de tal forma que su densidad de área, a saber, el número N de nanopartículas por metro cuadrado, es decir el número de nanopartículas dentro de un elemento de volumen delimitado por una porción de la superficie del generador de luz difusa 20 que tiene un área de 1 m², satisface la condición $N \geq N_{\min}$, donde:

$$N_{\min} = v \frac{10^{-29}}{D^6} \cdot \left| \frac{m^2 + 2}{m^2 - 1} \right|^2$$

en la que v es una constante dimensional igual a 1 metro⁶, N_{min} se expresa como un número/metro², el diámetro efectivo D se expresa en metros y en el que m es igual a la relación del índice de refracción del segundo material con el índice de refracción del primer material.

En algunas realizaciones, las nanopartículas se distribuyen homogéneamente, al menos en cuanto a lo que se refiere a la densidad de área, es decir la densidad de área es sustancialmente uniforme en el generador de luz difusa 20, pero la distribución de nanopartículas puede variar a través del generador de luz difusa 20. La densidad de área varía, por ejemplo, por menos del 5 % de la densidad de área media. La densidad de área se incluye en este punto como una cantidad definida en áreas mayores de 0,25 mm².

En algunas realizaciones, la densidad de área varía, para compensar las diferencias de iluminación sobre el generador de luz difusa 20, a medida que se ilumina por la fuente de luz 2. Por ejemplo, la densidad de área N(x,y) en el punto (x,y) puede estar relacionada con la iluminancia I(x,y) producida por la fuente de luz 2 en el punto (x,y) a través de la ecuación $N(x,y) = N_{av} \cdot I_{av} / I(x,y) \pm 5\%$, en la que N_{av} y I_{av} son la iluminancia y densidad de área media, siendo estas últimas cantidades promediadas sobre la superficie del generador de luz difusa 20. En este caso la luminancia del generador de luz difusa 20 puede igualarse, a pesar de la no uniformidad del perfil de iluminancia de la fuente de luz 2 en el generador de luz difusa 20. En este contexto, la luminancia es el flujo luminoso de un haz que emana de una superficie (o cae en una superficie) en una dirección dada, por unidad de área proyectada de la superficie según se ve desde la dirección dada y por unidad de ángulo sólido, como se notifica, como un ejemplo, en la norma E284-09a de ASTM (Sociedad Estadounidense para Ensayos y Materiales).

En el límite de D pequeño y fracciones de volumen pequeñas (es decir paneles gruesos) se espera una densidad de área $N \approx N_{min}$ para producir una eficiencia de dispersión de aproximadamente el 5 %. Ya que el número de nanopartículas por área unitaria es mayor, se espera la eficiencia de dispersión que crezca proporcionalmente a N, hasta que se produzca dispersión múltiple o interferencias (en caso de fracción de volumen alto), que podrían comprometer la calidad del color. La elección del número de nanopartículas se adecúa por lo tanto mediante la búsqueda de un compromiso entre eficiencia de dispersión y color deseado, como se describe en detalle en el documento EP 2 304 478 A1. Adicionalmente, ya que el tamaño de nanopartículas se hace más grande, la relación del flujo luminoso de delante a atrás crece, siendo tal relación igual a uno en el límite de Rayleigh. Además, a medida que la relación crece, la abertura del cono de dispersión delantero se hace más pequeño. Por lo tanto, la elección de la relación se adecúa mediante la búsqueda de un compromiso entre tener luz dispersada en ángulos grandes y minimizar el flujo de luz dispersada trasera. Sin embargo, en una manera conocida en sí misma, puede depositarse una capa antirreflejante (no mostrada) en el generador de luz difusa 20, con el objetivo de minimizar la reflexión; de este modo, se incrementa la eficiencia luminosa del sistema de iluminación 1 y se reduce la visibilidad del generador de luz difusa 20 (como un elemento físico) de un observador en la sala 30.

En algunas realizaciones, las nanopartículas pueden no tener una forma esférica; en tal caso, el diámetro efectivo D puede definirse como el diámetro efectivo de las partículas esféricas equivalentes, a saber, el diámetro efectivo de partículas esféricas que tienen el mismo volumen que las nanopartículas anteriormente mencionadas.

Adicionalmente, en algunas realizaciones, las nanopartículas se polidispersan, es decir sus diámetros efectivos se caracterizan por una distribución N(D). Tal distribución describe el número de nanopartículas por unidad de superficie e intervalo de unidad de diámetro efectivo en una vecindad del diámetro efectivo D (es decir, el número de

$$N_{D_2-D_1} = \int_{D_1}^{D_2} N(D) dD$$

partículas por unidad de superficie que tienen un diámetro efectivo entre D1 y D2 es igual a $\int_{D_1}^{D_2} N(D) dD$). Estos diámetros efectivos pueden incluirse en el intervalo de [5 nm-350 nm], es decir la distribución puede ser no nula dentro de este intervalo. En este caso, considerando que la eficiencia de dispersión crece aproximadamente, es decir en el límite de pequeñas partículas, con la potencia a la sexta del diámetro de la nanopartícula, la distribución polidispersa se comporta aproximadamente como una distribución monodispersa con un diámetro representativo D'_{eff} definido como:

$$D'_{eff} = \left\{ \frac{\int N(D) D^6 dD}{N} \right\}^{1/6}$$

donde

$$N = \int N(D) dD$$

D'_{eff} puede seleccionarse para estar dentro del intervalo de [5 nm-350 nm], preferentemente [10 nm-250 nm], más preferentemente [40 nm-180 nm], aún más preferentemente [60 nm- 150 nm].

En algunas realizaciones, la unidad de tipo ventana 6 puede incluir un espejo cromático que se ilumina mediante la fuente de luz 2. Por consiguiente, una reflexión del haz de luz 3 se combina con el efecto de dispersión. El espejo cromático puede comprender una superficie de espejo y una capa de difusión en frente de la superficie de espejo. La capa de difusión puede comportarse como un difusor de Rayleigh descrito anteriormente para la configuración de transmisión. Por ejemplo, la capa de difusión dispersa preferencialmente componentes de longitud de onda corta de luz impactante con respecto a componentes de longitud de onda larga de luz impactante. Por ejemplo, el espejo cromático podría basarse en un espejo de vidrio, espejo de plástico o espejo de metal.

En algunas realizaciones, la calidad natural de la iluminación mejora siempre que la máxima luminancia de la fuente de luz 2 sea mayor de $0,1 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$, por ejemplo, al menos $1 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$ o al menos $5 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$ o más. Para esos valores, de hecho, la fuente de luz 2 genera suficiente deslumbramiento para que sea difícil mirar a la propia fuente, evitando de este modo que el observador evalúe la distancia de la fuente por medio del mecanismo de enfoque del ojo. Esos valores de luminancia contribuyen a obtener un efecto de avance de infinito. Además, el deslumbramiento hace que sea difícil detectar posibles no uniformidades en el perfil de luminancia de la fuente de luz 2, por lo tanto, haciendo difícil detectar diferencias entre la imagen de la fuente de luz 2 y una imagen del sol real.

En algunas realizaciones, la apertura de salida se aproxima a un círculo, la imagen de la primera fuente de luz 2 percibida por el observador tiene aún forma circular porque el sistema óptico no gira la imagen. En algunas realizaciones, la unidad de tipo ventana tiene una forma elíptica iluminada, por ejemplo, mediante un haz de luz que tiene divergencia circular. Sin embargo, también son posibles otras formas, por ejemplo, una forma alargada. En algunas realizaciones, un espejo plegable puede conformarse como la porción de un paraboloide con simetría

cilíndrica.

5 Siempre que el sistema reflectante incluye al menos un paraboloide con simetría cilíndrica, la apertura de salida puede aproximarse a una forma elíptica, de modo que se compensan las diferentes magnificaciones introducidas a lo largo de los ejes ortogonales, permitiendo por lo tanto la creación de un punto de luz con forma circular en la retina del observador.

10 En este documento se han descrito aplicaciones de fuente de luz de alta calidad y alta luminancia en el campo de iluminación interior. Sin embargo, será evidente al experto que también puede realizarse iluminación externa con la fuente de iluminación. De manera similar, la fuente de luz también puede aplicarse a sistemas de proyección, en particular de una alta luminancia es de interés, que se configuran por ejemplo para iluminación uniforme de objetivos rectangulares tales como obras de arte y pinturas.

15 Aunque las realizaciones preferidas de esta invención se han descrito en este documento, pueden incorporarse mejoras y modificaciones sin alejarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema óptico (2A) para recibir y colimar luz para proporcionar una abertura de salida de emisión continua, comprendiendo el sistema óptico (2A):
- 5 una unidad de colimación (200) que comprende un conjunto de interfaces parabólicas (220, 230) que cada una define una abertura de entrada (212) y una abertura de salida (214), en donde al menos una interfaz parabólica (220, 230) está configurada para reflejar luz que entra a través de la abertura de entrada (212) a través de la
- 10 abertura de salida (214) y limitar la propagación angular de la luz a un ángulo de aceptación (θ_{CPC}) asociado a la al menos una interfaz parabólica (220, 230); y
- 15 una unidad de homogeneización (300) para homogeneizar la luz que emerge desde la unidad de colimación (200), comprendiendo la unidad de homogeneización (300) un conjunto de lentes con pares de una primera lente y una segunda lente, en donde el conjunto de lentes está configurado de tal forma que la luz procedente de la abertura de salida (214) recogida mediante una primera lente ilumina la respectiva segunda lente, en donde el conjunto de lentes está asociado a un ángulo de aceptación (β_{FEC}) definido mediante $\tan(\beta_{FEC}) = a/2f$, siendo a la apertura completa de la primera lente y siendo f la distancia focal de la primera lente, en donde
- la relación del ángulo de aceptación (θ_{CPC}) asociado a la al menos una interfaz parabólica (220, 230) con el ángulo de aceptación (β_{FEC}) asociado al conjunto de lentes viene dada por $0,85 \beta_{FEC} \leq \theta_{CPC} \leq 1,15 \beta_{FEC}$.
- 20 2. El sistema óptico (2A) de la reivindicación 1, en el que el lado de salida de la unidad de colimación (200) comprende áreas oscuras (260) que están entre las aberturas de salida (214) y las primeras lentes están desplazadas con respecto a las aberturas de salida (214) en una distancia ($d_{CPC-FEC}$) que depende de la extensión lateral p del área oscura (260) y el ángulo de aceptación (θ_{CPC}) de la unidad de colimación (200).
- 25 3. El sistema óptico (2A) de la reivindicación 2, en el que una distancia mínima $d_{CPC-FEC, \min}$ es $p / (2 \tan(\theta_{CPC}))$ que proporciona iluminación también de las primeras lentes opuestas a las áreas oscuras con extensión lateral p (260) y en el caso de distancias mínimas distintas para direcciones distintas, se selecciona la mayor distancia mínima como distancia mínima; y
- 30 en el que la distancia ($d_{CPC-FEC}$) es al menos de 3 a 5 veces la distancia mínima $d_{CPC-FEC, \min}$; y en donde la distancia ($d_{CPC-FEC}$) es como máximo de 20 a 5 veces (tal como de 15 a 10 veces) la distancia mínima $d_{CPC-FEC, \min}$.
4. El sistema óptico (2A) de las reivindicaciones 2 o 3, en el que la distancia ($d_{CPC-FEC}$) se selecciona de tal forma que las primeras lentes opuestas a las áreas oscuras (260) están aún esencialmente en el campo próximo del respectivo CPC y la sección transversal del haz de campo próximo no se ha propagado más del 10 % del diámetro de haz.
- 35 5. Un sistema óptico (2A) para recibir y colimar luz para proporcionar una abertura de salida de emisión continua, comprendiendo el sistema óptico (2A):
- 40 una unidad de colimación (200) que comprende un conjunto de interfaces parabólicas (220, 230) que cada una define una abertura de entrada (212) y una abertura de salida (214), en donde al menos una interfaz parabólica (220, 230) está configurada para reflejar luz que entra a través de la abertura de entrada (212) a través de la
- 45 abertura de salida (214), en donde una divergencia mínima de la luz reflejada define una dirección de divergencia mínima, y para limitar la propagación angular de la luz a un ángulo de aceptación (θ_{CPC}) asociado a la al menos una interfaz parabólica (220, 230); y
- 50 una unidad de homogeneización (300) para homogeneizar la luz que emerge desde la unidad de colimación (200), comprendiendo la unidad de homogeneización (300) un conjunto de lentes con pares de una primera lente y una segunda lente, en donde el conjunto de lentes está configurado de tal forma que la luz procedente de la
- abertura de salida (214) recogida mediante una primera lente ilumina la respectiva segunda lente, en donde un lado de salida de la unidad de colimación (200) comprende áreas oscuras (260) que se extienden
- 55 en la dirección de divergencia mínima en una extensión p entre las aberturas de salida (214), y en donde las primeras lentes están desplazadas con respecto a las aberturas de salida (214) una distancia ($d_{CPC-FEC}$) que depende de la extensión lateral p del área oscura (260) y el ángulo de aceptación (θ_{CPC}) de la unidad de colimación (200) y es al menos una distancia mínima D_{\min} que es $p / (2 \tan(\theta_{CPC}))$ y proporciona iluminación de las primeras lentes opuestas a las áreas oscuras (260).
6. El sistema óptico (2A) de la reivindicación 5, en el que la distancia ($d_{CPC-FEC}$) es al menos de 3 a 5 veces la distancia mínima $d_{CPC-FEC, \min}$ y como máximo de 20 a 5 veces la distancia mínima $d_{CPC-FEC, \min}$.
7. El sistema óptico (2A) de las reivindicaciones 5 o 6, en el que el conjunto de lentes está asociado a un ángulo de aceptación (β_{FEC}) definido mediante $\tan(\beta_{FEC}) = a/2f$, siendo a la apertura completa de la lente y siendo f la distancia focal de la lente y
- 60 en el que la relación del ángulo de aceptación (θ_{CPC}) con el ángulo de aceptación (β_{FEC}) viene dada por $0,85 \beta_{FEC} \leq \theta_{CPC} \leq 1,15 \beta_{FEC}$.
- 65 8. El sistema óptico (2A) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las dimensiones y la

- propiedad de enfoque de las lentes del conjunto de lentes están adaptadas al ángulo de aceptación (θ_{CPC}) de tal forma que la luz recogida mediante la primera lente se distribuye esencialmente por la superficie aguas abajo completa de la segunda lente; y
 en el que la primera lente y la segunda lente tienen opcionalmente la misma distancia focal f y están colocadas a una distancia e igual a la distancia focal f : $e = f n$.
- 5
9. El sistema óptico (2A) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la relación del ángulo de aceptación (θ_{CPC}) asociado a la respectiva interfaz parabólica (220, 230) con el ángulo de aceptación (β_{FEC}) del conjunto de lentes viene dada por $0,90 \beta_{FEC} \leq \theta_{CPC} \leq 1,10 \beta_{FEC}$ u opcionalmente $\beta_{FEC} = \theta_{CPC}$, y/o
 10 en el que el ángulo de aceptación (θ_{CPC}) asociado a la respectiva interfaz parabólica (220, 230) está en el intervalo de $3,5^\circ$ a 10° para la dirección de divergencia baja y en el intervalo de $7,5^\circ$ a 25° para la dirección de divergencia alta.
10. El sistema óptico (2A) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de colimación (200) comprende una pluralidad de concentradores parabólicos compuestos rectangulares (210), compendiando cada uno dos pares de interfaces parabólicas opuestas (220, 230), en donde las aberturas de salida (214) de la pluralidad de concentradores parabólicos compuestos rectangulares (210) están dispuestas para emitir en combinación un haz aproximadamente circular o elíptico en el campo próximo que, en el campo lejano, se transforma en un haz rectangular, y
 15 en el que opcionalmente las dimensiones de la forma rectangular de las lentes se seleccionan de tal forma que hay un desplazamiento en la posición relativa entre lentes y los concentradores parabólicos compuestos rectangulares (210) para concentradores parabólicos compuestos rectangulares vecinos (210).
- 20
11. El sistema óptico (2A) de la reivindicación 10, en el que los concentradores parabólicos compuestos rectangulares (210) proporcionan una dirección de divergencia baja y una dirección de divergencia alta ortogonal a la misma, y las dimensiones y la propiedad de enfoque de las lentes del conjunto de lentes están adaptadas por consiguiente para una forma rectangular de tal forma que en ambas direcciones la relación del ángulo de aceptación (θ_{CPC}) asociado a la respectiva interfaz parabólica (220, 230) con el ángulo de aceptación (β_{FEC}) del conjunto de lentes viene dada por $0,85 \beta_{FEC} \leq \theta_{CPC} \leq 1,15 \beta_{FEC}$ tal como opcionalmente $0,90 \beta_{FEC} \leq \theta_{CPC} \leq 1,10 \beta_{FEC}$ o incluso $\beta_{FEC} = \theta_{CPC}$; y
 25 la correspondencia de los ángulos de aceptación de CCP y FEC se selecciona de tal forma que se ilumina al menos el 70 %, opcionalmente al menos el 90 %, al menos el 85 %, al menos el 95 % o incluso el 100 % de la superficie del segundo conjunto de lentes.
- 30
12. El sistema óptico (2A) de las reivindicaciones 10 u 11, en el que, en una sección central de la sección transversal de la unidad de colimación (200), concentradores parabólicos compuestos rectangulares (210) están dispuestos en líneas del mismo número de concentradores parabólicos compuestos rectangulares (210), definiendo de este modo una forma rectangular con un lado largo y un lado corto, y,
 35 próximo a cada lado largo hay dispuesta una sección de tipo trapecio isósceles que comprende en cada línea un número reducido gradualmente por uno de concentradores parabólicos compuestos rectangulares (210) con la línea exterior que tiene una longitud que se extiende aproximadamente tan larga como el lado corto de la sección central.
- 40
13. El sistema óptico (2A) de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que las líneas de concentradores parabólicos compuestos rectangulares (210) se extienden simétricamente en la dirección del lado largo de la sección central con respecto al eje de simetría central; y
 45 en el que los concentradores parabólicos compuestos rectangulares (210) están desplazados en aproximadamente la mitad de una longitud de los concentradores parabólicos compuestos rectangulares (210) desde una línea a la siguiente línea en las secciones de tipo trapecio isósceles.
- 50
14. El sistema óptico (2A) de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 13, en el que la distancia ($d_{CPC-FEC}$) se selecciona de tal forma que las primeras lentes opuestas a las áreas oscuras (260) está aún esencialmente en el campo próximo del respectivo CPC y la sección transversal del haz de campo próximo no se ha propagado más del 10 % del diámetro de haz, y/o
 55 en el que las áreas oscuras están creadas por paredes de concentradores parabólicos compuestos huecos (210) o huecos entre concentradores parabólicos compuestos rectangulares vecinos (210).
- 50
15. El sistema óptico (2A) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una máscara formada para aproximar la forma de la apertura de salida a una forma circular o elíptica bloqueando esquinas de concentradores parabólicos compuestos rectangulares (210) y siendo la máscara opcionalmente adecuada para bloquear luz proveniente de porciones del conjunto de lentes que están dispuestas alrededor de una apertura de salida circular o elíptica general, y/o
 60 en el que la al menos una interfaz parabólica (220, 230), la apertura de entrada (212) y la apertura de salida (214) son partes de un concentrador parabólico compuesto hueco (210) o un concentrador parabólico compuesto de reflexión interna total; y
 65 en el que opcionalmente la luz que emerge desde la apertura de salida (214) cae directamente - sin interacción

adicional con otro elemento óptico tal como una lente - en el conjunto de lentes.

5 16. El sistema óptico (2A) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de colimación (200) comprende además al menos una placa de montaje para la alineación de una pluralidad de concentradores parabólicos compuestos (210), por ejemplo, una placa de montaje de salida con una única abertura de montaje, que está ajustada a la disposición de la pluralidad de concentradores parabólicos compuestos (210); y/o
 10 en el que la unidad de colimación (200) comprende además una placa de montaje de entrada con una abertura de montaje para cada uno de la pluralidad de concentradores parabólicos compuestos (210), que está dimensionada tal que el lado de entrada llega a través de la respectiva abertura de montaje en el estado montado, una placa de montaje de salida con una única abertura de montaje, que está ajustada a la disposición de la pluralidad de concentradores parabólicos compuestos (210), y al menos un soporte de distancia para montar la placa de montaje de entrada y la placa de montaje de salida a una respectiva distancia y una orientación relativa.

15 17. Una fuente de luz (2) que comprende:
 una unidad de emisión de luz (100) con un patrón de emisión de luz; y
 un sistema óptico (2A) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el patrón de emisión de luz se superpone con la abertura de entrada del sistema óptico (2A).

20 18. La fuente de luz (2) de la reivindicación 17, en la que la unidad de emisión de luz (100) comprende un área de emisión de luz (112) asociada a la al menos una interfaz parabólica (220, 230) y el área de emisión de luz (112) está colocada a una distancia (d_{LED}) desde la abertura de entrada (212) en dirección de un eje de simetría (240) asociado a la unidad de colimación (200), y/o
 25 en la que la unidad de emisión de luz (100) comprende una pluralidad de disposiciones de LED con áreas de emisión que están dispuestas lado a lado para formar una tira de LED y formar una zona rectangular que emite luz interrumpida por líneas oscuras entremedias de las áreas de emisión de LED, y una tira de LED está asociada a un concentrador parabólico compuesto rectangular (210); y
 en la que opcionalmente la fuente de luz (2) está formada por una pluralidad de dispositivos de emisión de luz (110) y una pluralidad de concentradores parabólicos compuestos (210), teniendo cada concentrador parabólico compuesto reflectante (210) una abertura de entrada (212) y una abertura de salida (214), siendo el área de la
 30 abertura de entrada (212) más pequeña que el área de la abertura de salida (214) y conformándose como un rectángulo, y cada dispositivo de emisión de luz (110) está ópticamente acoplado a la abertura de entrada (212) de un respectivo concentrador parabólico compuesto (210).

35 19. Un sistema de iluminación (1), que comprende:
 una fuente de luz (2) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17 o 18 para proporcionar un haz de luz (3) de luz directa no difusa con una primera temperatura de color correlacionada a lo largo de una dirección de haz de luz principal (4); y
 40 una unidad de tipo ventana (6) tales como una ventana de salida de sistema de iluminación o un generador de luz difusa (20) para generar luz difusa a una segunda temperatura de color correlacionada, que es mayor que la primera temperatura de color correlacionada, en donde el elemento de tipo ventana está colocado en el campo lejano del haz de luz (3) y el tamaño del elemento de tipo ventana está adaptado al tamaño del campo lejano del haz de luz (3).

45 20. El sistema de iluminación (1) de la reivindicación 19, que comprende además un sistema de propagación (500) con ópticas plegables para dirigir el haz de luz (3) a la unidad de tipo ventana (6), y en donde la óptica plegable tiene una distancia mínima de al menos 0,4 m o de al menos 1 m del conjunto de lentes.

50 21. El sistema de iluminación de la reivindicación 19 o la reivindicación 20, en el que el generador de luz difusa (20) está configurado para transmitir sustancialmente luz en el intervalo visible y para dispersar más eficientemente los componentes de longitud de onda corta con respecto a los componentes de longitud de onda larga del haz de luz; y
 en el que el generador de luz difusa (20) comprende opcionalmente una matriz de un primer material en el que están dispersas primeras partículas de un segundo material, teniendo dichos primer y segundo materiales,
 55 respectivamente, un primer índice de refracción y un segundo índice de refracción, teniendo dichas primeras partículas diámetros de tal forma que el producto de dichos diámetros por el primer índice de refracción está en intervalo de 5 nm a 350 nm.

60 22. El sistema de iluminación de una cualquiera de la reivindicación 19 a reivindicación 21, en el que la fuente de luz (2) es una fuente de luz que tiene una divergencia en el intervalo de 5° a 50° opcionalmente que tiene una divergencia en una dirección de 5° a 15° tal como 10° y una divergencia en dirección ortogonal a la una dirección de 20° a 40° tal como 30°, y/o
 en el que la fuente de luz (2) y la densidad de la distribución de partículas a través del generador de luz difusa (20) están seleccionadas de tal forma que el producto entre la densidad y la iluminancia proporcionada por la fuente de luz (2) durante el funcionamiento del sistema de iluminación (1) es sustancialmente constante en el generador de luz difusa (20);
 65

y en el que el generador de luz difusa (20) tiene opcionalmente una forma de panel que está adaptada a la divergencia del haz de luz (3) y cualquier óptica plegable.

- 5 23. El sistema de iluminación de una cualquiera de la reivindicación 19 a reivindicación 22, en el que la unidad de tipo ventana (6) recibe luz a dispersar desde una segunda fuente de luz tal como una capa de LED orgánicos o una configuración iluminada lateralmente.

FIG 1

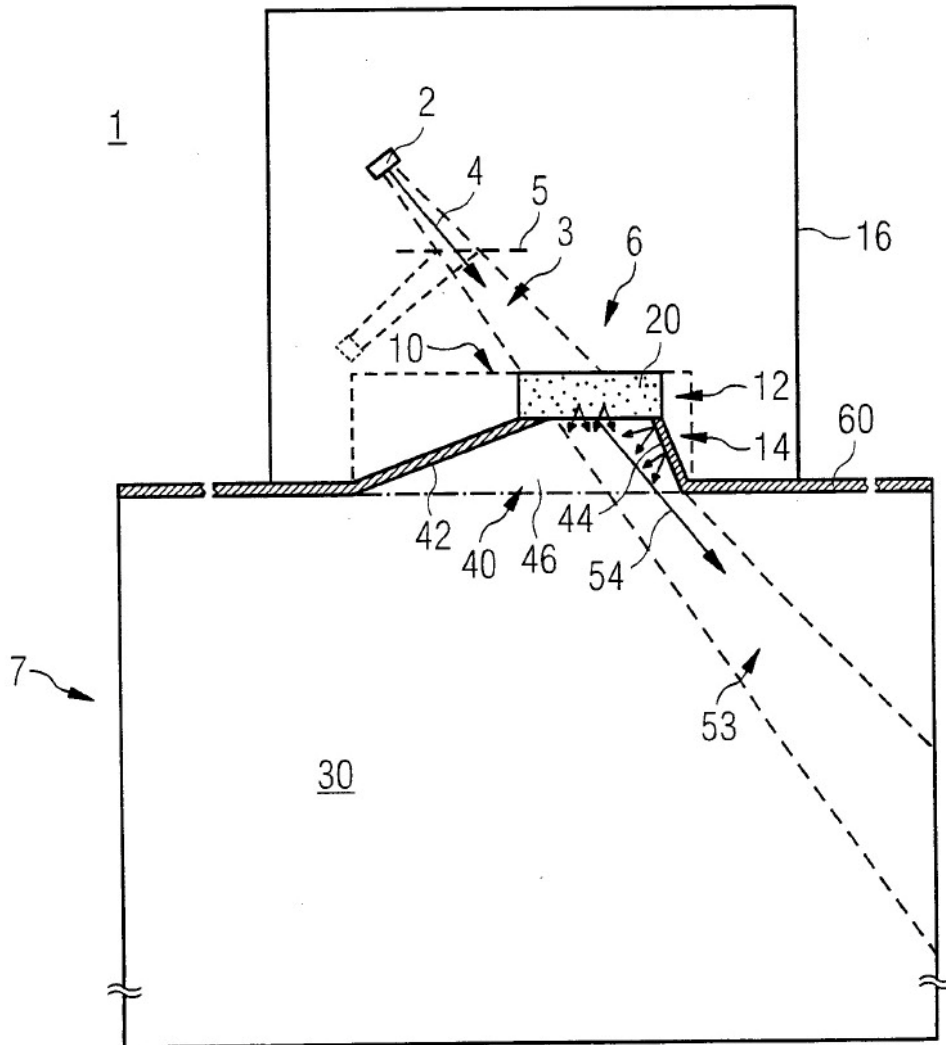
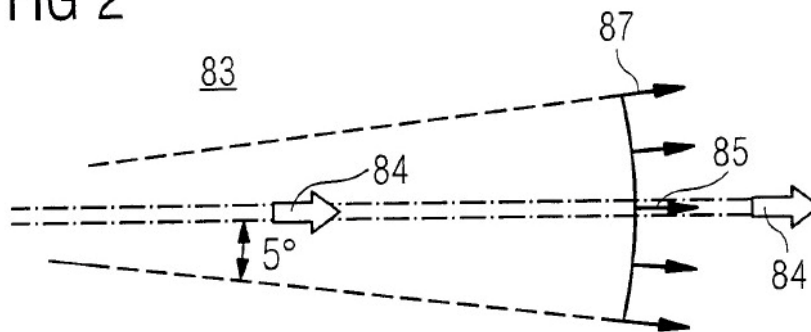
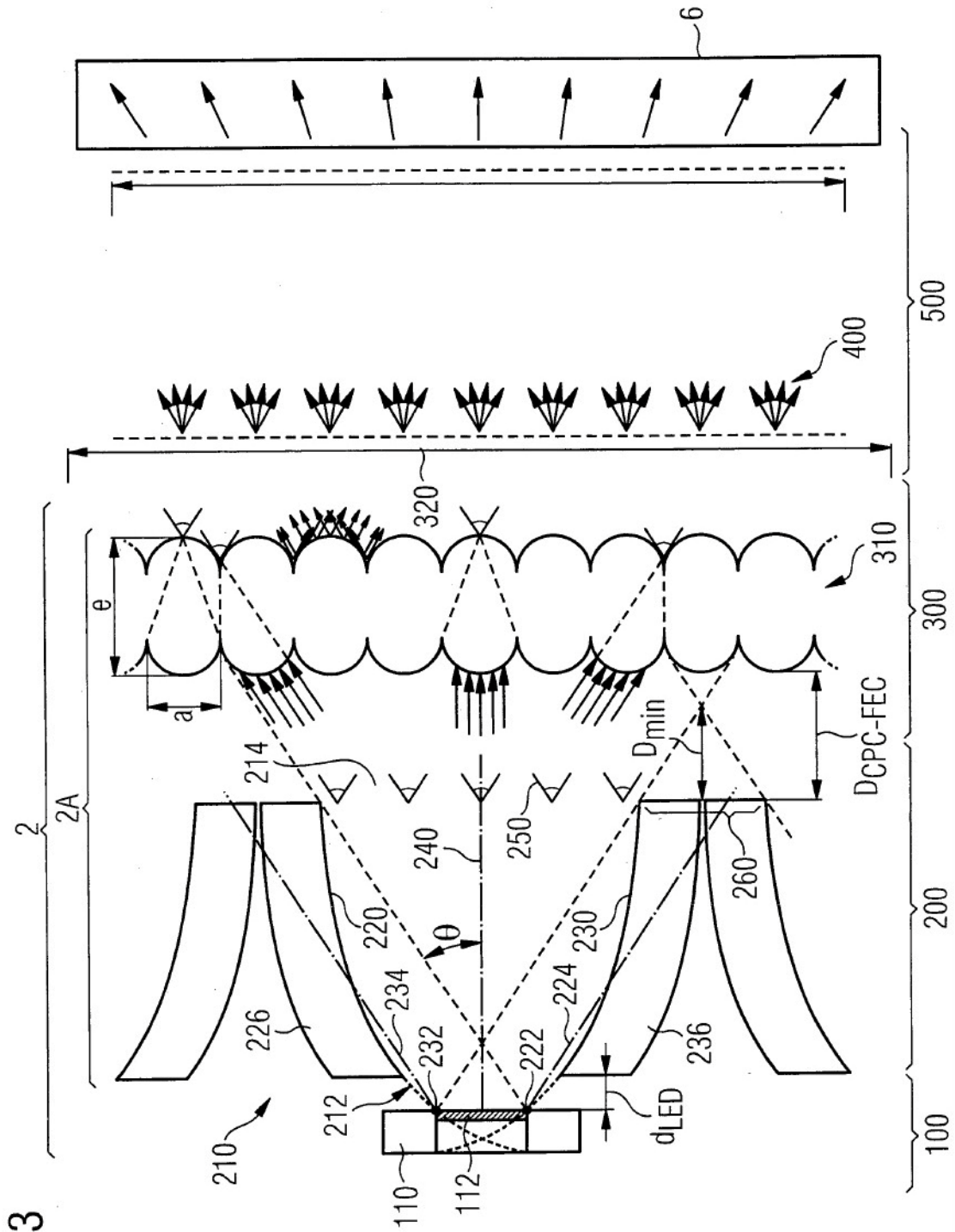


FIG 2





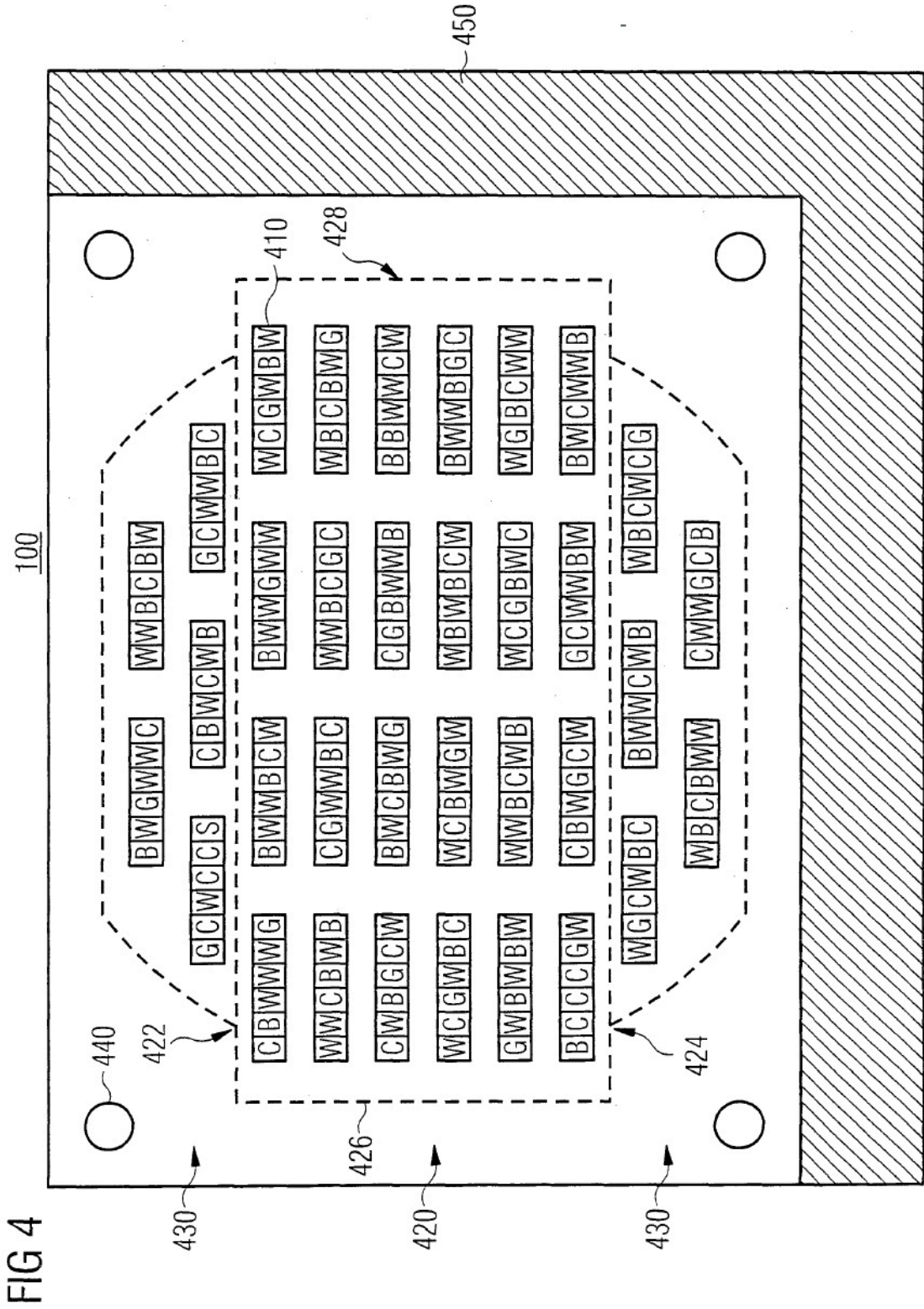


FIG 5

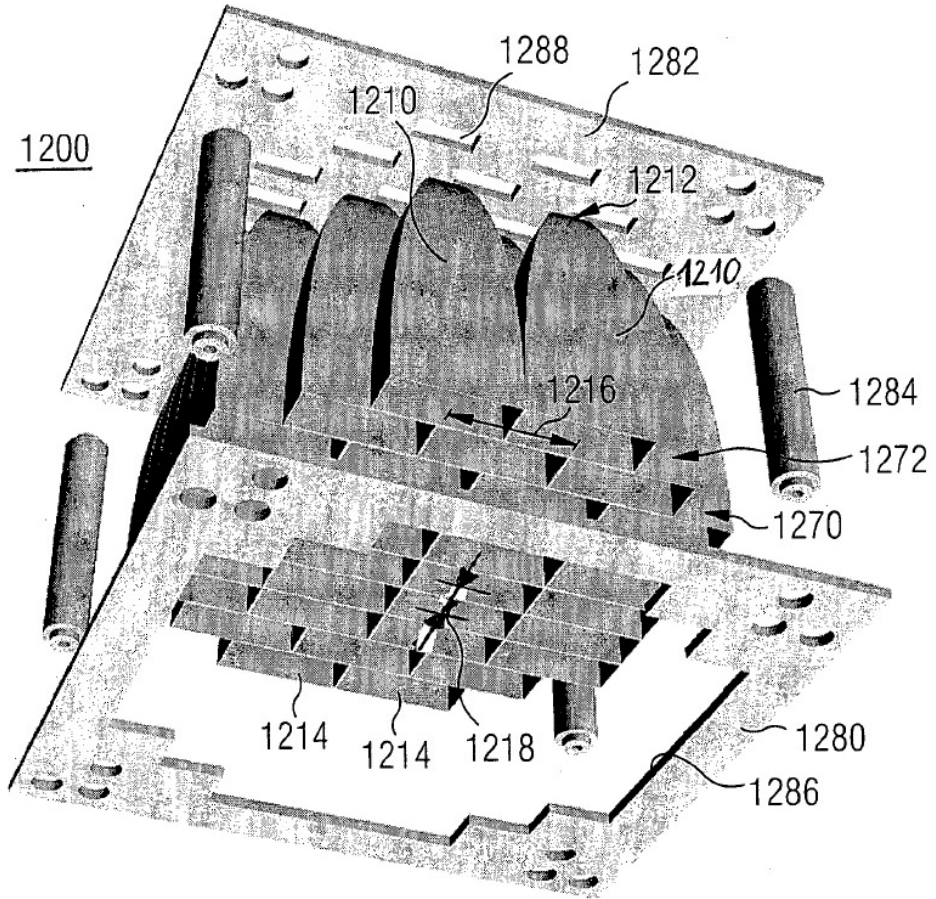


FIG 6

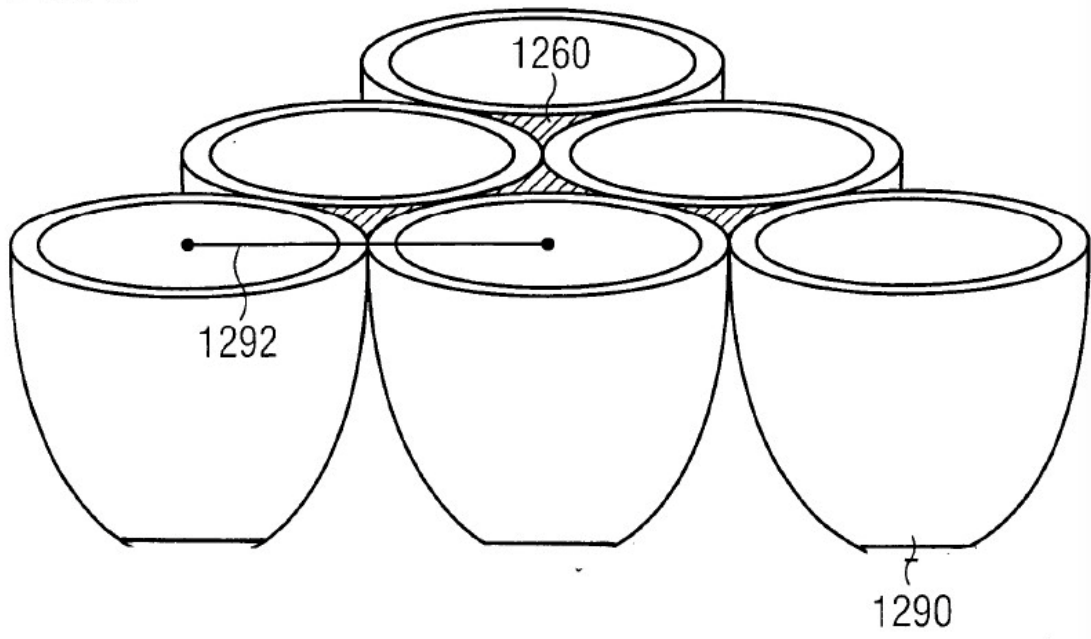


FIG 7

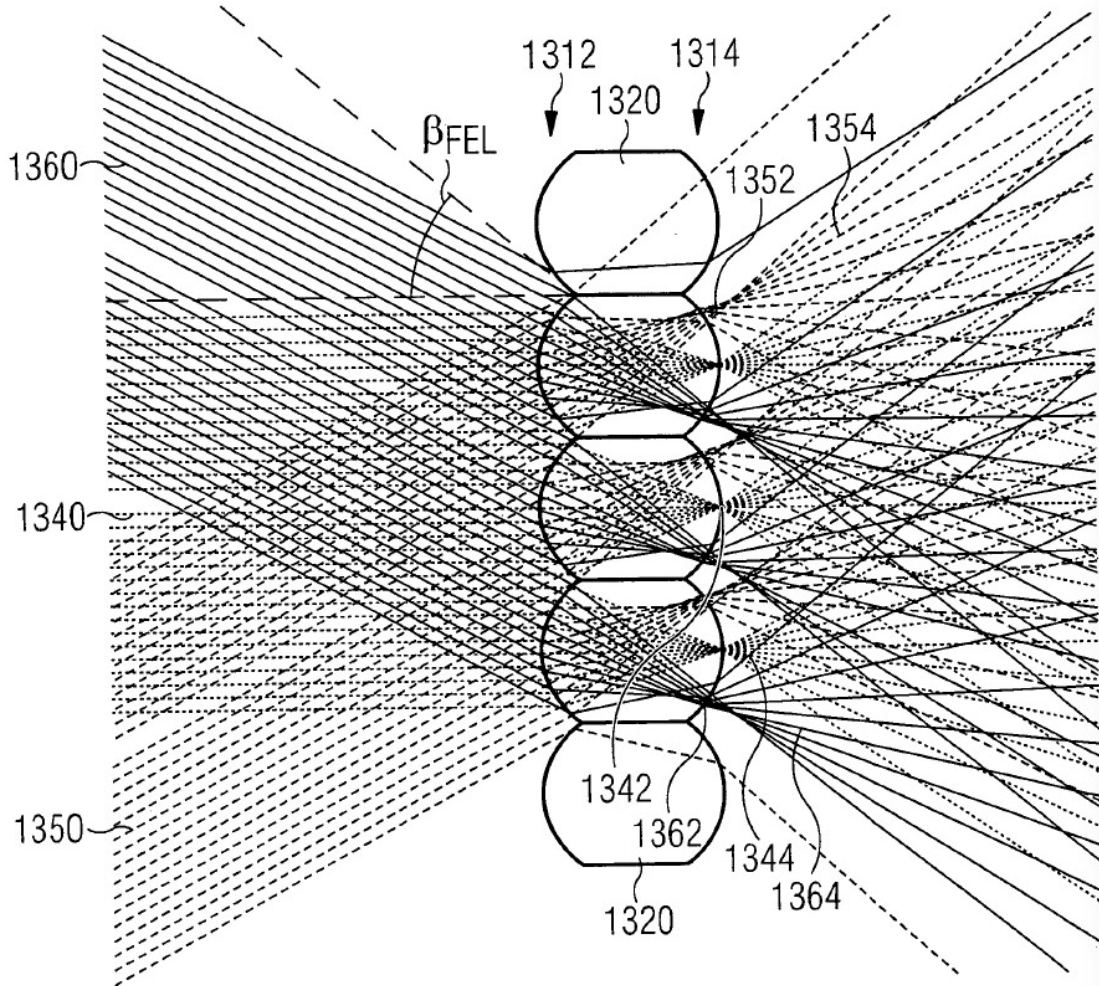


FIG 8

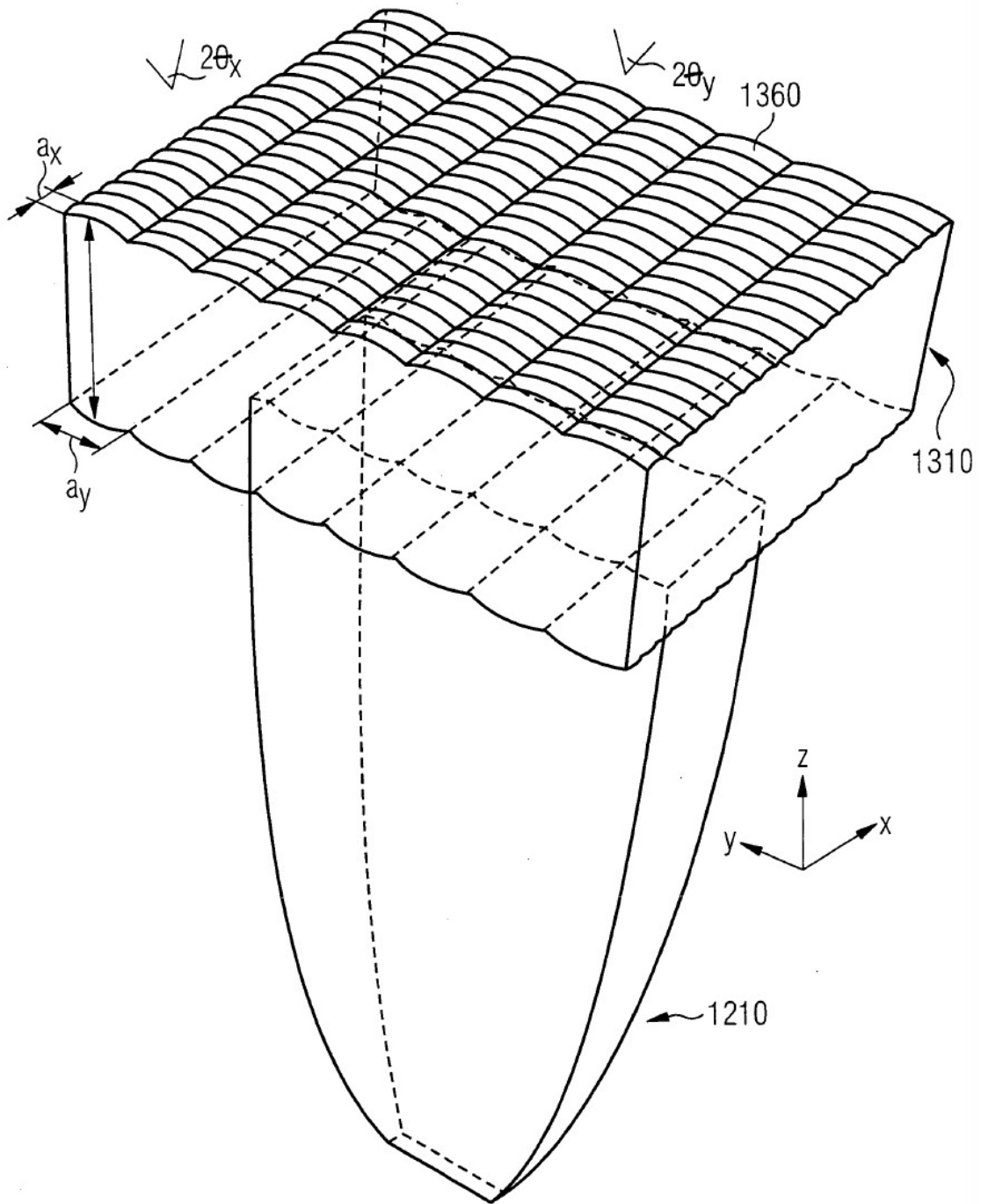


FIG 9

