

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 681**

51 Int. Cl.:

**H01L 33/58** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2012 PCT/IB2012/053020**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.12.2012 WO12172510**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2012 E 12735032 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 2721656**

54 Título: **Fuente de luz LED**

30 Prioridad:

**17.06.2011 EP 11170276**

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

**06.05.2020**

73 Titular/es:

**SIGNIFY HOLDING B.V. (100.0%)  
High Tech Campus 48  
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**TIMMERS, WILHELMUS ADRIANUS GERARDUS y  
OEPTS, WOUTER**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 758 681 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 LED

## 5 Campo de la invención

La invención se relaciona con módulos de iluminación y dispositivos de iluminación. Más particularmente, se relaciona con módulos y dispositivos que comprenden un sustrato y una matriz de LED individuales montados en el sustrato. Dichos módulos y dispositivos se utilizan en particular en aplicaciones de iluminación, tal como en  
10 iluminadores altos, iluminadores bajos, bañadores de pared, focos, etc.

Antecedentes de la invención

Una realización de un dispositivo de iluminación del tipo expuesto se conoce por el documento US2010/0103678. Ese documento divulga un componente de LED que comprende una submontura para contener una matriz de chips de LED, teniendo la submontura almohadillas de troquel y trazos conductoras en su superficie superior. Los chips LED que forman la matriz están montados en uno de los respectivos troqueles. Las trazas conductoras están dispuestas para proporcionar energía eléctrica a los chips LED, de modo que en funcionamiento emiten luz utilizable para proporcionar una distribución de iluminación específica de la aplicación. El componente LED comprende  
15 además un lente sólido que cubre la matriz de chips LED y un difusor para mezclar la emisión de luz de los LED en el campo cercano. En otras palabras, el difusor mezcla la emisión de los chips LED en un intento de hacer que, cuando se observa el componente LED, la luz que se origina en los chips LED discretos no sea tan claramente identificable individualmente como sin difusor. En cambio, cuando el componente LED se ve directamente, se aproxima a una sola fuente de luz debajo del lente. El difusor podría proporcionarse como un domo sobre el lente,  
20 en el que el domo puede comprender microestructuras difusas tales como centros de dispersión o microlentes.

La ventaja de este enfoque radica en el hecho de que se evitan las inhomogeneidades ópticas en el campo lejano. Dichas inhomogeneidades se originan en ubicaciones geométricas discretas en la submontura de los chips LED en combinación con ópticas secundarias generalmente empleadas en luminarias, como por ejemplo un reflector en el caso de una aplicación de iluminación de luz puntual. Como consecuencia, las líneas de sombra en el patrón de iluminación de campo lejano se producirían en el centro de la distribución de iluminación y especialmente en su periferia, si no se actuara en sentido contrario. Muchos diseñadores y usuarios de iluminación consideran molestos tales efectos. Especialmente cuando los chips LED emiten luz de diferentes colores, estas líneas de sombra son de color. La coloración los hace aún más observables y, por lo tanto, más molestos que las modulaciones más  
30 claras/oscuras en la distribución de la iluminación en caso de que todos los chips LED emitan la misma luz de color.

Sin embargo, un inconveniente de la solución descrita en el documento US2010/0103678, es que aumenta el tamaño de la fuente de luz, tanto mecánicamente como ópticamente. La ampliación mecánica se debe al tamaño físico del domo que abarca la matriz de chips LED. La ampliación óptica se debe a la difusión de la luz emitida por los chips LED individuales. Si bien esto da como resultado un tamaño virtual de los chips LED en el centro de la matriz que llena los "espacios oscuros" entre los chips LED discretos, el tamaño virtual de los chips LED cerca del borde exterior de la matriz extiende el tamaño de la fuente de luz más allá del tamaño físico de la matriz. Como es bien sabido, un mayor tamaño de fuente de luz complica el uso y el diseño de ópticas secundarias para obtener una distribución de iluminación específica de la aplicación. Especialmente para aplicaciones de luz puntual de haz estrecho, se desea una pequeña fuente de luz para mantener un tamaño práctico y utilizable de la óptica secundaria.  
40

El documento EP2172696A1 divulga un dispositivo de iluminación que comprende un sustrato con uno o más LED distribuidos sobre el sustrato. El dispositivo de iluminación comprende además un medio óptico con una forma sustancialmente semicilíndrica con una cavidad para alojar los LED. Los medios ópticos están diseñados para generar un patrón de intensidad de luminancia que es sustancialmente uniforme y tiene una forma sustancialmente rectangular.  
50

El documento EP1648037A1 divulga un elemento óptico con una cavidad para recibir una fuente de luz. El elemento óptico tiene una forma que comprende varias superficies para proporcionar una distribución de intensidad de luz que tiene diferentes divergencias en dos direcciones. Además, se divulga una lámpara, por ejemplo, una luz trasera del vehículo, que comprende una pluralidad de módulos, donde cada módulo comprende un elemento óptico y una fuente de luz. La lámpara además comprende un elemento transparente, que realiza la doble función de transmitir la luz emitida por los módulos y dirigir esta luz a lo largo del eje de un vehículo.  
55

El documento EP1764841A1 divulga un módulo óptico que comprende un cuerpo sólido de material transparente en el que se hunde una fuente de luz. El módulo óptico tiene una forma que comprende varias superficies para proporcionar una distribución de intensidad de luz que tiene diferentes divergencias en dos direcciones. Además, se divulga un dispositivo óptico con una pluralidad de módulos ópticos, y en el que los cuerpos transparentes auxiliares de cada módulo están conectados entre sí para formar un único cuerpo transparente en el que se forman una pluralidad de cavidades. El cuerpo principal del módulo respectivo está dispuesto en cada cavidad.  
60  
65

Resumen de la invención

La invención tiene como objetivo proporcionar un módulo de iluminación del tipo expuesto que alivie al menos parte de los inconvenientes mencionados anteriormente. Este objeto se logra de acuerdo con un primer aspecto mediante un módulo de iluminación que comprende una estructura óptica que comprende un elemento óptico dispuesto para proporcionar al observar un diodo emisor de luz a través de la estructura óptica con el módulo de iluminación en funcionamiento, un perfil I de intensidad luminosa como una función de un ángulo  $\alpha$  de desviación que es sustancialmente constante entre  $-\alpha_{\max}$  y  $+\alpha_{\max}$ , en el que  $\alpha_{\max}$  es un ángulo de desviación máxima proporcionado por el elemento óptico, y sustancialmente cero (es decir,  $\leq 10\%$ , preferiblemente  $\leq 5\%$ , más preferiblemente  $\leq 1\%$  de la intensidad luminosa en  $x = 0$ ), por encima de  $+\alpha_{\max}$  y por debajo de  $-\alpha_{\max}$ . La invención proporciona un dispositivo que homogeneiza la fuente de luz y al mismo tiempo minimiza la extensión de su tamaño. El elemento óptico permite crear una fuente de LED virtual que proporciona una iluminación E' en el plano de los LED sustancialmente constante a una distancia predeterminada. Preferiblemente, la distancia predeterminada corresponde al paso P del conjunto de LED. Una ventaja adicional del elemento óptico es que, a excepción de los reflejos de Fresnel en las superficies internas y externas de la estructura óptica, no presenta retrodispersión como lo hace un difusor. Por lo tanto, resulta en una pérdida óptica muy baja.

En una realización, la estructura óptica comprende una pluralidad de elementos ópticos en los que cada elemento óptico proporciona un ángulo  $\alpha_{\max}$  de desviación máxima en función de su posición en la estructura óptica. Ventajosamente, esto permite ajustar los ángulos geométricos y las distancias correspondientes con las que el elemento óptico ve los LED en la matriz.

En una realización, controlar el ángulo  $\alpha_{\max}$  de desviación máxima de un elemento óptico a través de su tamaño  $r_{\max}$  permite beneficiosamente fácilmente mecanizar de una parte preformada para crear una estructura óptica moldeada por inyección.

Ventajosamente, el elemento óptico forma una lentilla esférica. En una realización, el ángulo  $\alpha_{\max}$  de desviación máxima proporcionado por la lentilla esférica aumenta linealmente con su tamaño  $r_{\max}$ . Esto permite crear un perfil de intensidad luminosa constante entre  $-\alpha_{\max}$  y  $+\alpha_{\max}$ . Beneficiosamente, la lentilla tiene al menos una sección transversal con una forma parabólica.

En una realización, los elementos ópticos se colocan en un primer lado de la estructura óptica frente a la matriz de diodos emisores de luz.

Los elementos ópticos pueden tener una forma convexa o una forma cóncava. De manera beneficiosa, esto protege los elementos ópticos de los efectos ambientales perjudiciales, como la grasa o el polvo, que pueden disminuir su función óptica.

En una realización, los elementos ópticos tienen un contorno poligonal. Beneficiosamente, esto permite que la pluralidad de elementos ópticos forme una cúpula geodésica.

En una realización, la estructura óptica comprende además un componente óptico para proporcionar una función óptica secundaria. Como un ejemplo, la función óptica secundaria puede permitir que el haz moldee la luz emitida cerca del eje óptico del módulo de iluminación, por ejemplo, concentrando la parte central de la luz emitida desde el módulo. Alternativamente, la segunda función óptica puede proporcionarse disponiendo el espesor t de la estructura óptica para que dependa de la altura sobre el sustrato. Dicha configuración crea una cuña óptica que varía localmente, lo que permite controlar los haces de luz emitidos por los LED y su interacción con una óptica secundaria dispuesta de forma cooperativa con respecto al módulo de iluminación, tal como un reflector.

En una realización, la estructura óptica comprende además medios para ajustar el rendimiento óptico del módulo de luz. Por ejemplo, la estructura óptica puede comprender un tinte para ajustar las características de transmisión espectral de la estructura. Beneficiosamente, esto permite ajustar la eficiencia óptica del módulo de iluminación y/o ajustar el espectro de la luz emitida para controlar por ejemplo las características de reproducción cromática.

De acuerdo con un segundo aspecto, la invención proporciona un dispositivo de iluminación que comprende un módulo de iluminación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y una óptica secundaria dispuesta cooperativamente con respecto al módulo de iluminación con el fin de proporcionar una distribución de iluminación específica de la aplicación. Beneficiosamente, dicho dispositivo de iluminación permite crear una distribución de iluminación liberada de molestas modulaciones más claras/más oscuras o incluso modulaciones de colores cuando se aplican LED que emiten múltiples colores primarios.

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se aclararán con referencia a las realizaciones descritas a continuación. Sin embargo, tenga en cuenta que estas realizaciones no pueden interpretarse como limitantes del alcance de protección para la invención. Se pueden aplicar individualmente, así como en combinación.

Breve descripción de los dibujos

Se divulgan detalles, características y ventajas adicionales de la invención en la siguiente descripción de realizaciones a manera de ejemplo y preferidas en relación con los dibujos.

5 La Fig. 1 muestra esquemáticamente una sección transversal de un dispositivo de iluminación de acuerdo con la técnica anterior.

La Fig. 2 muestra diagramáticamente una vista superior de un módulo de iluminación de acuerdo con la técnica anterior.

10 La Fig.3 muestra la sección transversal a lo largo de la línea AA' del módulo de iluminación de la Fig. 2.

Las Figs. 4 A, B, C y D muestran diagramáticamente perfiles de intensidad luminosa de acuerdo con la técnica anterior.

15 La Fig.5A muestra diagramáticamente un elemento óptico de acuerdo con la invención.

La Fig.5B muestra diagramáticamente un perfil de intensidad luminosa de acuerdo con la invención.

20 La Fig.6 muestra una comparación del perfil de intensidad luminosa relativa entre un elemento óptico parabólico y uno esférico.

La Fig.7 muestra una dispersión de luz tangencial de acuerdo con una realización de la invención.

25 La Fig.8 muestra una sección transversal de una estructura óptica de acuerdo con la invención.

La Fig.9 muestra esquemáticamente una realización de la estructura óptica que comprende un componente óptico para proporcionar una función óptica secundaria.

Descripción detallada de las realizaciones

30 La Fig. 1 muestra esquemáticamente una sección transversal de un dispositivo 200 de iluminación, tal como un iluminador bajo, un iluminador alto, un bañador de pared, un foco, etc. El dispositivo de iluminación comprende un módulo 100 de iluminación y ópticas 210 secundarias dispuestas cooperativamente con respecto al módulo de iluminación para proporcionar una distribución de iluminación específica de la aplicación. Como muestra la Fig. 2, el módulo 100 de iluminación puede comprender, en función de los requisitos de la aplicación de iluminación y la salida de luz por diodo emisor de luz (LED), una matriz de LED 120 individuales. Estos LED pueden estar montados en un sustrato 110 del módulo de tal manera que los LED se pueden controlar individualmente o colectivamente para emitir luz. Además, los LED 120 pueden montarse de tal manera que el sustrato forme parte de una ruta térmica a un disipador de calor (no mostrado) para mantener una temperatura de unión de los LED durante el funcionamiento de acuerdo con sus especificaciones. Los LED 120 pueden ser chips LED, de modo que formen un sistema de chip en placa. Alternativamente, los LED pueden ser paquetes que comprenden un chip LED, tal como por ejemplo el Philips Lumileds Lighting LUXEON Rebel. Los LED pueden estar dispuestos para emitir todos el mismo espectro, ya sea un espectro de ancho de banda pequeño creado directamente en la unión pn de los LED o un espectro de ancho de banda grande, tal como la luz blanca, creado por ejemplo mediante el uso de un convertidor de longitud de onda -es decir, los llamados LED con recubrimiento de fósforo o pc. Alternativamente, los LED pueden estar dispuestos para emitir diferentes colores primarios (tal como por ejemplo rojo, verde, azul y ámbar) que se pueden mezclar para proporcionar una distribución de iluminación específica de la aplicación (especificada por una distribución de flujo, así como una distribución espectral).

50 Es ventajoso colocar los LED 120 en una matriz densa, por ejemplo, una matriz compacta cerrada, ya que esto reduce el tamaño de la fuente de luz global formada por la matriz. Las fuentes de luz más pequeñas influyen beneficiosamente en la formación de una distribución de iluminación predefinida por las ópticas 210 secundarias de un dispositivo 200 de iluminación. La óptica secundaria puede estar formada por un reflector de forma apropiada, tal como un reflector parabólico, segmentado o de forma libre de metal o metalizado. Alternativamente, puede estar formado por un componente óptico transparente masivo que exhibe TIR, como un concentrador compuesto. Sin embargo, incluso con una matriz tan densamente compacta, ésta consiste en una pluralidad de LED individuales que emiten, en funcionamiento, un número correspondiente de haces 220 de luz. La colección de haces de luz forma la distribución de iluminación proporcionada por el dispositivo 200 de iluminación. Debido a la distancia física entre los LED 120 en la matriz, los haces 220 de luz crean líneas visibles más brillantes y más oscuras en el patrón de iluminación de campo lejano. Estas líneas pueden ser especialmente molestas en la periferia de la distribución de iluminación donde son visibles como anillos. Además, la distribución de iluminación también puede exhibir no uniformidades en partes generadas a través de las ópticas 210 secundarias.

65 Para contrarrestar la formación de tales artefactos ópticos en la distribución de iluminación, una cúpula 130 generalmente se coloca sobre el matriz 120 de LED dispuesta para difundir la luz emitida por los LED. Tal domo

difusor da como resultado que los haces 220 de luz se originen aparentemente de fuentes 120a de LED virtuales extendidas (Fig. 2).

Como se muestra esquemáticamente en la Fig. 3, la colocación de un hemisferio 130 difusor con un radio L sobre una matriz de LED 120 con tamaño individual s y colocado en un paso P da como resultado la dispersión (a través de microestructuras en el domo) o refracción (a través de microlentes en el domo) de la luz emitida sobre un ángulo  $\alpha$  de desviación. Típicamente, s está en el intervalo de 1x1 - 2x2 mm<sup>2</sup> y P en el intervalo de 2-6 mm. El ángulo de desviación está limitado a un ángulo  $\alpha_{max}$  de desviación máxima, cuyo valor depende de la microestructura aplicada en el domo difusor. Como resultado, el perfil 121 de intensidad luminoso en función del ángulo  $\alpha$  de desviación tiene típicamente la forma representada en las Fig. 4A y C, para dispersar microestructuras y microlentes, respectivamente. Por lo tanto, si bien dichas microestructuras y microlentes aplicadas dentro o sobre el domo difusor amplían virtualmente el tamaño de la superficie emisora de luz del LED en el área 'oscura' entre los LED 120 en la matriz, contribuyendo así a crear una fuente de luz homogénea, claramente tal contribución típica es subóptima. La caída del perfil 121 de intensidad luminosa en función del ángulo de desviación se puede compensar ajustando las microestructuras y los microlentes para exhibir un ángulo  $\alpha_{max}$  de desviación máxima mayor. Por ejemplo, se puede ajustar el tamaño y el índice de refracción del centro de dispersión. Alternativamente, se puede ajustar el radio de curvatura y/o el tamaño el microlente. De hecho, esto mejora la homogeneidad de la fuente de luz a expensas, sin embargo, del tamaño de la fuente de luz virtual (Fig. 4B y D). Además, para acomodar las microestructuras en el domo que proporcionan un ángulo  $\alpha_{max}$  de desviación máxima tan grande, el tamaño L del domo generalmente tiene que aumentar.

La Fig. 5A representa esquemáticamente un elemento 140 óptico de acuerdo con la invención. Para la discusión que sigue, el ángulo  $\alpha$  de desviación para un rayo de luz que se origina en un LED 120 colocado en O' y que se cruza con el elemento 140 óptico en A y refractado al punto F focal se define como el ángulo OFA = ángulo O'FA'. Análogamente, el ángulo  $\alpha_{max}$  de desviación máxima se define como el ángulo OFB = ángulo O'FB' correspondiente al rayo de luz marginal que se cruza con el elemento 140 óptico. Por lo tanto, con f la longitud focal del elemento 140 óptico y  $r_{max}$  su tamaño (= OB), se cumple la siguiente relación:

$$f = r_{max} / \tan \alpha_{max}$$

La invención se basa en la idea de que la disposición de la estructura 130 óptica para comprender un elemento 140 óptico que proporciona, al observar un LED 120 a través de la estructura óptica con el módulo 100 de iluminación en funcionamiento, un perfil I 125 de intensidad luminosa como una función de un ángulo  $\alpha$  de desviación que es sustancialmente constante entre  $-\alpha_{max}$  y  $+\alpha_{max}$  optimiza la compensación entre una fuente de luz homogénea, por un lado, y una fuente de luz pequeña (o limitada), por otro lado. Como se ilustra esquemáticamente en la Fig. 5B, la aplicación de tales elementos 140 ópticos llena esencialmente de manera homogénea el 'espacio oscuro' entre los LED 120 de la matriz, mientras minimiza ventajosamente la extensión del tamaño total de la fuente de luz virtual en comparación con el tamaño total de la fuente de luz física (es decir, el diámetro de la circunferencia). Como consecuencia, la extensión de la fuente de luz apenas se agranda. Además, la limitación del ángulo de desviación máxima limita simultáneamente el tamaño L necesario de la estructura 130 óptica.

En una realización preferida, se elige  $\alpha_{max}$  de manera que se mantenga la siguiente relación:

$$\tan \alpha_{max} = \frac{\frac{P-s}{2} - r_{max}}{L}$$

Ventajosamente, esto permite crear dos fuentes de luz virtuales, correspondientes a los LED 120 adyacentes, que tienen un tamaño extendido igual al paso P de la matriz de manera que se forma una única fuente de luz homogénea con un tamaño 2P. Como consecuencia, el tamaño total de la fuente de luz virtual se extiende mínimamente en comparación con el tamaño total de la fuente de luz física por el valor del paso P. Típicamente, el tamaño L de la estructura 130 óptica puede limitarse a aproximadamente 1.1 veces el circunradio de la matriz de LED. En una configuración de la matriz 120 de LED, como se muestra esquemáticamente en la Fig.2, L puede estar típicamente en el intervalo de 10-13 mm, y  $\alpha_{max}$  en el intervalo de 10° a 20°. Sin embargo, estas dimensiones dependen en gran medida del circunradio de la matriz de LED.

Describiendo el elemento 140 óptico para proporcionar, cuando se observa un LED 120 a través de la estructura óptica con el módulo 100 de iluminación en funcionamiento, un perfil I 125 de intensidad luminosa en función de un ángulo  $\alpha$  de desviación que es sustancialmente constante es equivalente para describir la iluminación E' en el plano de los LED 120 proporcionados por la fuente de LED virtual para que sea constante entre  $-(L+f)/\tan \alpha_{max}$  y  $+(L+f)/\tan \alpha_{max}$ . En otras palabras, la estructura 130 óptica comprende un elemento 140 óptico dispuesto para crear, con el módulo de iluminación en funcionamiento, una fuente de luz virtual correspondiente a un LED 120, donde la fuente de luz virtual proporciona una iluminación E' en el plano de los LED 120 que es sustancialmente constante entre  $-(L+f)/\tan \alpha_{max}$  y  $+(L+f)/\tan \alpha_{max}$ , en la que  $\alpha_{max}$  es un ángulo de desviación máxima proporcionado por el elemento óptico, f una longitud focal del elemento óptico y L la distancia entre el LED 120 y elemento 140 óptico.

En el contexto de la invención, se entiende que sustancialmente constante significa que la diferencia entre la intensidad  $I_{\max}$  luminosa máxima y la intensidad  $I_{\min}$  luminosa mínima del perfil 125 de intensidad luminosa entre  $-\alpha_{\max}$  y  $+\alpha_{\max}$  es menor que 20%, es decir  $(I_{\max} - I_{\min})/I_{\max} < 20\%$ . Preferiblemente, esta relación es menor que 15%, incluso más preferiblemente menor que 10%, o incluso menor que 5%. De manera equivalente, puede entenderse que significa que la diferencia entre la iluminación  $E'_{\max}$  máxima y la iluminación  $E'_{\min}$  mínima proporcionada por la fuente de luz virtual en el plano de los LED es inferior al 20%, es decir  $(E'_{\max} - E'_{\min})/E'_{\max} < 20\%$ . Preferiblemente, esta última relación es menor que 15%, incluso más preferiblemente menor que 10%, o incluso menor que 5%.

En una realización, el elemento 140 óptico es una lentilla esférica. En una realización, al menos una sección transversal de tal lentilla esférica tiene una forma parabólica. El elemento 140 óptico de acuerdo con la invención, por lo tanto, puede tener varios tipos de contornos. Por ejemplo, el contorno puede ser circular y el elemento 140 óptico puede formarse girando una parábola alrededor del eje óptico de la lentilla. Alternativamente, el contorno puede ser elíptico de tal manera que un radio de curvatura de una primera parábola a lo largo del eje largo de la elipse puede ser más pequeño que un radio de curvatura de una segunda parábola a lo largo del eje corto de la elipse. Alternativamente, el contorno de dichos elementos ópticos circulares o elípticos puede truncarse en forma de un polígono, tal como un triángulo, un cuadrado, un rectángulo, un rombo, un romboide, un pentágono, un hexágono, etc. Preferiblemente, tales contornos poligonales se construyen de modo que permitan las teselaciones y/o la formación de poliedros convexos (regulares). Además, el elemento 140 óptico solo puede tener una sección transversal única que forme una parábola, tal como un elemento óptico que tenga un cuadrado de contorno rectangular y luz refractante en una sola dirección. Alternativamente, el elemento 140 óptico puede ser asimétrico, es decir, el eje óptico del elemento óptico puede no coincidir con el centro del contorno o el elemento óptico puede exhibir dos o más radios de curvatura.

Excepto para el caso de un elemento 140 óptico simétrico circular, las lentillas de ejemplo descritas anteriormente exhibirán dos o más radios máximos (equivalentes con OB en la figura 5A), dependiendo de la dirección en la que se mide el radio. Por ejemplo, un elemento 140 óptico simétrico circular truncado como un polígono regular exhibirá un  $r_{\max}$  más pequeño y un  $r_{\max}$  más grande, respectivamente, asociadas con la apotema (es decir, la longitud del segmento de línea desde el centro hasta el punto medio de uno de sus lados) y con el circunradio (es decir, la longitud del segmento de línea desde el centro hasta una de sus esquinas). El ángulo  $\alpha_{\max}$  de desviación máxima está determinado por el radio  $r_{\max}$  máximo, el radio de curvatura R de la lentilla y el índice de refracción n del material de la lentilla, y en el caso de una lentilla parabólica viene dada por:

$$\alpha_{\max} = (n - 1) \frac{r_{\max}}{R}$$

En consecuencia, dicho elemento 140 óptico simétrico circular truncado tal como un polígono regular no exhibirá un perfil 1125 de intensidad luminosa en función de un ángulo  $\alpha$  de desviación que sea completamente constante entre  $-\alpha_{\max}$  y  $\alpha_{\max}$ , como lo haría un elemento óptico simétrico circular. En cambio, el perfil de intensidad luminosa de un elemento óptico truncado se puede considerar como el perfil de intensidad promedio de varias lentillas i que tienen ángulos  $\alpha_{\max, i}$  de desviación máxima correspondientes.

La Fig. 6 muestra la diferencia dramática entre un perfil de intensidad luminosa de una lentilla 144 parabólica y una lentilla 142 esférica. Como se puede discernir, el elemento 140 óptico parabólico simétrico circular que tiene una sección transversal parabólica crea un perfil 144 de intensidad luminosa que es constante para todos los ángulos  $\alpha$  hasta  $\alpha_{\max}$  de desviación. Por el contrario, una lentilla esférica simétrica circular con el mismo radio de curvatura crea un perfil 142 de intensidad luminosa que se cae abruptamente en función del ángulo de desviación. La diferencia resulta del hecho de que el ángulo  $\alpha_{\max}$  de desviación máxima proporcionado por un elemento 140 óptico parabólico es una función lineal del tamaño  $r_{\max}$  del elemento, mientras que es al menos un polinomio de tercer orden en el caso de una lentilla esférica. La extensión del tamaño de una lentilla (que tiene un radio de curvatura predeterminado) aumenta el flujo de luz emitido por los LED capturados por la lentilla, mientras que al mismo tiempo aumenta el ángulo sólido en el que se refracta la luz. En el caso de una lentilla parabólica, estos dos efectos se cancelan entre sí, manteniendo así una intensidad luminosa constante. Por el contrario, en el caso de una lentilla esférica, el ángulo sólido aumenta mucho más rápido que el aumento del flujo capturado, que resulta en la caída brusca del perfil de intensidad luminosa representado en la Fig. 6.

En una realización, la estructura 130 óptica comprende una pluralidad de elementos 140 ópticos. El ángulo  $\alpha_{\max}$  de desviación máxima proporcionado por un elemento óptico puede estar dispuesto para depender de su posición en la estructura óptica. Como un ejemplo, los elementos 140 ópticos posicionados cerca del borde de la estructura 130 óptica (es decir, más cerca del sustrato 110) pueden disponerse para proporcionar un  $\alpha_{\max}$  más pequeño o más grande que los elementos ópticos posicionados más cerca del eje óptico del módulo de luz. Alternativamente, los elementos cerca del borde pueden hacerse asimétricos, por ejemplo, construyéndolos para que tengan un radio de curvatura R1 en una primera dirección y un radio de curvatura R2 (diferente de R1) en una segunda dirección. Ventajosamente, esto permite corregir los ángulos goniométricos bajo los cuales estos elementos 'ven' la matriz 120 de LED. Esto es especialmente interesante cuando las distancias entre LED vistas en dirección radial y tangencial

son diferentes, como por ejemplo se muestra en la Fig. 7. Cuando, además, el centro de las lentillas está descentrado con respecto a su contorno, permite difundir la luz como si se emitiera más desde el centro de la matriz, lo que da como resultado una fuente de luz más confinada y una extensión mejor mantenida. El ángulo  $\alpha_{\max}$  de desviación máxima puede controlarse tanto por el tamaño  $r_{\max}$  del elemento 140 óptico como por su radio de curvatura  $R$ . En la práctica, el control a través de  $r_{\max}$  proporciona el beneficio de que el mecanizado se vuelve más directo que todos los elementos que tienen la misma curvatura  $R$  (o la misma forma parabólica).

En una realización, la estructura 130 óptica comprende una pluralidad de elementos 140 ópticos que tienen un contorno poligonal en el que el lado donde dos elementos ópticos adyacentes se tocan entre sí está conformado como un lente, preferiblemente como un lente que tiene una sección transversal parabólica. Ventajosamente, esto evita que los dos elementos ópticos adyacentes formen una cresta en el lado donde se tocan. Tal cresta tendría un ángulo superior ( $\alpha_{\max 1} + \alpha_{\max 2}$ ), con  $\alpha_{\max 1,2}$  el ángulo de desviación máxima de los dos elementos ópticos. Evitar tal cresta suaviza beneficiosamente la distribución de iluminación creada por el dispositivo de iluminación.

Como un ejemplo, la estructura 130 óptica puede comprender ranuras o una cresta que tiene una forma de sección transversal parabólica. Las ranuras y las crestas pueden fabricarse de modo que estén orientadas paralelamente al sustrato del módulo 100 de iluminación -es decir, paralelas al plano de la matriz 120 de LED. Alternativamente, las ranuras o crestas pueden fabricarse de manera que estén orientadas en ángulo recto con respecto al primer caso -es decir, perpendiculares al plano de la matriz 120 de LED al menos cerca del borde de la estructura 130 óptica. Tales ranuras y crestas resultan en la refracción de la luz emitida en una sola dirección. En este primer caso, la luz emitida parece originarse a partir de fuentes de LED virtuales alargadas en una dirección radial en relación con el eje óptico del módulo. En el último caso, la luz emitida parece originarse a partir de fuentes 120a de LED virtuales alargadas en una dirección tangencial con respecto al eje óptico del módulo, como se representa esquemáticamente en la Fig. 7. Especialmente en el caso posterior, la extensión de la fuente de luz en su conjunto se mantiene bien mientras se proporciona simultáneamente una única fuente de luz homogénea. En realizaciones, como las descritas aquí, puede ser beneficioso diseñar la estructura 130 óptica no como un hemisferio o geodésico. En cambio, puede ser beneficioso diseñarla como un cilindro de tapa plana o tapa redonda, o en general como un poliedro convexo.

La estructura 130 óptica tiene una primera o superficie 131 interna, como se muestra en la Fig. 8, orientada hacia la matriz 120 de LED y una segunda o superficie 132 externa opuesta a la matriz. Si bien los elementos 140 ópticos pueden colocarse tanto en la superficie interna como en la externa, posicionarlos en la superficie interna proporciona beneficios. En particular, ubicados en el interior de la estructura, los elementos 140 ópticos están protegidos de los efectos ambientales perjudiciales, tal como grasa o polvo, que pueden disminuir su función óptica. Además, en caso de que la estructura 130 óptica esté dispuesta como un dispositivo moldeado por inyección, los elementos ópticos pueden prepararse sobre la parte convexa de preformado, ya que esta parte proporciona un mejor acceso a la mecanización que su contraparte cóncava. Un ejemplo de tal configuración se representa en la Fig. 8, que muestra una vista en sección transversal de una estructura 130 óptica que comprende una pluralidad de elementos 140 ópticos en la superficie 131 interior que forman un domo geodésico. Los materiales especialmente adecuados para crear dicho dispositivo moldeado por inyección son los plásticos, tal como policarbonato y siliconas. Como la estructura 130 óptica se coloca cerca de los LED -que en funcionamiento generalmente están a temperaturas elevadas, como 80°C o más, y emiten altos flujos de luz, como 100 lm por LED o más- la silicona es un material preferido debido a su durabilidad a lo largo de la vida útil bajo tales cargas.

En realizaciones, los elementos 140 ópticos pueden proporcionarse como elementos cóncavos o elementos convexos en la estructura 130 óptica. Los elementos convexos proporcionan beneficios para la mecanización de estas estructuras en la parte convexa de preforma para un dispositivo moldeado por inyección. En otra realización, los elementos 140 ópticos pueden proporcionarse como elementos holográficos. Holográfico en este sentido significa que un elemento 140 óptico no se aplica como elementos discretos como en la Fig. 8. En cambio, las superficies 131, 132 internas y/o externas exhiben una distribución aleatoria de elementos de superficie locales que tienen ángulos  $\alpha$  entre  $-\alpha_{\max}$  y  $+\alpha_{\max}$  y la distribución estadística de todos los ángulos  $\alpha$  es la misma que las lentillas discretas correspondientes (que exhiben, por ejemplo, una sección transversal de parábola).

En una realización, la estructura 130 óptica puede tener un espesor  $t$  que depende de la altura sobre el sustrato. Como un ejemplo, el espesor  $t$  puede ser menor a alturas mayores (es decir, cerca del eje óptico del módulo 100 de iluminación) y puede ser mayor a alturas inferiores (es decir, hacia el borde de la estructura 130 óptica), o viceversa. Dicha configuración crea una cuña óptica, que permite controlar los haces de luz emitidos por los LED y su interacción con las ópticas 210 secundarias. Dicho control se puede utilizar de manera beneficiosa para la creación de distribuciones de iluminación específicas de la aplicación. Alternativamente, o en combinación, la estructura 130 óptica puede comprender además un componente 135 óptico dispuesto para proporcionar una función óptica secundaria (Fig. 9). Por ejemplo, controlando el espesor  $t$  de tal manera que el componente óptico proporcione una función de lente. Tal componente óptico puede colocarse en el vértice de la estructura 130 óptica, es decir, cerca del eje óptico del módulo 100 de iluminación, para concentrar la parte central de la luz emitida desde el módulo. Ventajosamente, el componente óptico permite dar forma a la luz directa de los LED 120. La luz directa, en este sentido, es luz que sale del dispositivo 200 de iluminación sin haberse reflejado en las ópticas 210 secundarias. Alternativamente, el componente 135 puede diseñarse de modo que la mayor parte de la luz llegue al reflector. En este caso, la distribución de la iluminación se puede controlar de forma óptima mediante la configuración adecuada

del reflector 210. En el contexto de la invención, la función óptica secundaria proporcionada por el componente 135 óptico controla la salida combinada del módulo 100 de iluminación. Por el contrario, la función óptica primaria proporcionada por los elementos 140 ópticos homogeneiza la fuente de luz mientras mantiene su extensión.

5 La estructura 130 óptica puede ensamblarse sobre el sustrato 110 usando una variedad de técnicas. Por ejemplo, puede estar pegada al sustrato. Alternativamente, puede repararse mediante el uso de una brida 138. Dicha brida puede atornillarse al módulo, o puede sujetarse entre el sustrato 110 y las ópticas 210 secundarias. Alternativamente, la brida 138 puede sujetarse entre el sustrato 110 y una cubierta 115 (véase la Fig. 7) que recubre la parte exterior del sustrato.

10 En una realización, el módulo 100 de iluminación comprende una segunda estructura óptica que abarca la primera estructura óptica. Ventajosamente, esto permite una mayor homogeneización de la fuente de luz (virtual) y el control de la distribución de iluminación específica de la aplicación realizada. Alternativamente, la primera estructura óptica (y/o la segunda si está presente) puede ser una estructura asimétrica. Ventajosamente, esto permite crear distribuciones de iluminación asimétricas. Como un ejemplo, la distribución de iluminación puede ser cuadrada o rectangular, lo que es beneficioso, por ejemplo, en aplicaciones de iluminación de pantallas o aplicaciones de alumbrado público, respectivamente.

20 En una realización, la matriz de LED 120 comprende LED que emiten diferentes colores primarios, tales como rojo, verde, azul y ámbar. En tales realizaciones, la matriz de LED 120 puede estar dispuesta como una matriz de cúmulos, en la que un grupo comprende todos los colores primarios. Un cúmulo en este sentido se define como un grupo de LED que se coloca a una distancia entre sí considerablemente más pequeña que el paso P de la matriz. En otras palabras, un cúmulo forma un grupo denso de LED. Beneficiosamente, el ángulo  $\alpha_{\max}$  de desviación máxima puede estar limitado y al mismo tiempo garantizar una buena mezcla de colores de la luz emitida por los LED en un cúmulo y, por lo tanto, crear un color uniforme de la fuente de luz en su conjunto. En tal caso,  $\alpha_{\max}$  puede diseñarse utilizando el paso P' de los cúmulos en lugar del paso P de la matriz de LED.

30 En una realización, la estructura 130 óptica puede comprender medios para ajustar el rendimiento óptico del módulo 100 de luz. Por ejemplo, los medios pueden comprender un recubrimiento de película delgada aplicado a una superficie de la estructura 130 óptica. Preferiblemente, la superficie sobre la cual se aplica el recubrimiento es la superficie opuesta sobre la cual se ubican los elementos 140 ópticos. Por lo tanto, si los elementos ópticos están ubicados en la superficie 131 interna de la estructura 130 óptica, el recubrimiento puede aplicarse beneficiosamente en la superficie 132 externa. En una realización, el recubrimiento puede ser un recubrimiento antirreflectante para mejorar la eficiencia óptica de la estructura 130 óptica. En otra realización, el recubrimiento puede tener una transmisión y/o reflexión espectral predefinida. Esto permite controlar la transmisión espectral global de la luz emitida por los LED 120 y, por lo tanto, permite lograr una reproducción cromática mejorada o coordenadas de color mejoradas de la luz emitida. Alternativamente, los medios para ajustar el rendimiento óptico pueden comprender agregar un componente espectralmente efectivo a la estructura 130 óptica. Como un ejemplo, un domo de silicón puede comprender un tinte para ajustar la transmisión espectral y/o las propiedades de reflexión y así controlar el rendimiento óptico del módulo de iluminación.

45 Aunque la invención se ha dilucidado con referencia a las realizaciones descritas anteriormente, será evidente que se pueden utilizar realizaciones alternativas para lograr el mismo objetivo. Por ejemplo, no es necesario que el conjunto de LED 120 tenga un paso P fijo o que todos los LED tengan el mismo tamaño s. Los LED pueden montarse sobre el sustrato 110 con una distancia variable entre ellos. Los diferentes LED pueden tener diferentes tamaños. Las distancias y tamaños variables se pueden compensar variando las características (radio de curvatura, tamaño, contorno y asimetría) de los elementos 140 ópticos en función de su posición sobre la estructura 130 óptica. Además, se pueden combinar diferentes realizaciones para proporcionar efectos ópticos sinérgicos. Por lo tanto, el alcance de la invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente. Por consiguiente, el alcance de la invención debe estar limitado solo por las reivindicaciones. La invención permite homogeneizar la fuente de luz mientras se extiende mínimamente aplicando un elemento óptico diseñado para crear una fuente de LED virtual lo suficientemente grande como para que dos fuentes de LED virtuales adyacentes se toquen entre sí y tengan sustancialmente la misma luminancia. Esto se logra con un elemento óptico que exhibe un perfil de intensidad luminosa sustancialmente constante entre  $-\alpha_{\max}$  y  $\alpha_{\max}$ , en el que  $\alpha_{\max}$  es un ángulo de desviación máxima proporcionado por el elemento óptico. La extensión mínima del LED 120 a la fuente de LED virtual no necesita ser simétrica rotacionalmente.

**REIVINDICACIONES**

1. Un módulo (100) de luz que comprende:

5 un sustrato (110),

una matriz de diodos (120) emisores de luz montados sobre el sustrato (110), donde la matriz de diodos (120) emisores de luz tiene un paso y define un plano,

10 una estructura (130) óptica que abarca la matriz de diodos (120) emisores de luz para aproximar en funcionamiento la matriz de diodos (120) emisores de luz como una sola fuente de luz, donde la estructura (130) óptica tiene una primera superficie (131) orientada hacia la matriz de diodos (120) emisores de luz y una segunda superficie (132) orientada hacia la matriz de diodos (120) emisores de luz,

15 caracterizada porque

la estructura (130) óptica comprende una pluralidad de elementos (140) ópticos sobre al menos una de la primera superficie (131) y la segunda superficie (132),

20 en el que cada elemento (140) óptico está dispuesto para dispersar o refractar la luz incidente sobre un ángulo  $\alpha$  de desviación, proporcionando así, al observar un diodo (120) emisor de luz a través de la estructura (130) óptica con el módulo (100) de luz en funcionamiento, un perfil I (125) de intensidad de luz como una función del ángulo  $\alpha$  de desviación, estando limitado el ángulo  $\alpha$  de desviación a un ángulo  $\alpha_{\max}$  de desviación máxima proporcionado por cada elemento (140) óptico en función de su posición en la estructura (130) óptica,

25 en el que el perfil I (125) de intensidad de luz es sustancialmente constante entre  $-\alpha_{\max}$  y  $\alpha_{\max}$ , de modo que cada elemento (140) óptico está dispuesto para crear una fuente de luz virtual que proporciona una iluminación en el plano de la matriz de diodos (120) emisores de luz, donde la iluminación es sustancialmente constante sobre una distancia predeterminada, y

30 en el que la distancia predeterminada corresponde al paso de la matriz de diodos (120) emisores de luz.

2. Un módulo de iluminación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el ángulo  $\alpha_{\max}$  de desviación máxima de los elementos (140) ópticos se controla a través de su tamaño  $r_{\max}$ .

35 3. Un módulo de iluminación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos (140) ópticos forman una lentilla esférica.

40 4. Un módulo de luz de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el ángulo  $\alpha_{\max}$  de desviación máxima de los elementos (140) ópticos aumenta linealmente con su tamaño  $r_{\max}$ .

5. Un módulo de iluminación de acuerdo con la reivindicación 4, en el que los elementos (140) ópticos forman una lentilla que tiene al menos una sección transversal con una forma parabólica.

45 6. Un módulo de iluminación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos (140) ópticos están posicionados sobre la primera superficie (131) de la estructura (130) óptica.

7. Un módulo de iluminación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos (140) ópticos tienen una forma convexa o una forma cóncava.

50 8. Un módulo de iluminación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la pluralidad de elementos (140) ópticos forman un domo geodésico.

55 9. Un módulo de iluminación de acuerdo con la reivindicación 8, en el que los elementos (140) ópticos tienen un contorno poligonal.

10. Un módulo de iluminación de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el lado donde dos elementos (140) ópticos adyacentes se tocan entre sí tiene la forma de un lente.

60 11. Un módulo de iluminación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura (130) óptica comprende además un componente (135) óptico para proporcionar una función óptica secundaria.

12. Un módulo de iluminación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura (130) óptica comprende además medios para ajustar el rendimiento óptico del módulo (100) de luz.

65

13. Un módulo de iluminación de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la estructura (130) óptica comprende un tinte para ajustar las características de transmisión espectral de la estructura.

5 14. Un dispositivo (200) de iluminación que comprende un módulo (100) de luz de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y una óptica (210) secundaria dispuesta cooperativamente con respecto al módulo de iluminación con el fin de proporcionar una distribución de iluminación específica de la aplicación.



FIG. 1

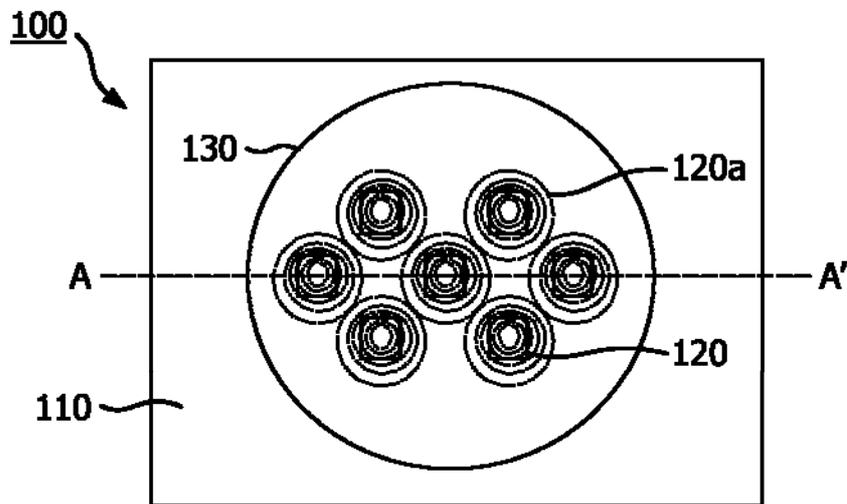


FIG. 2

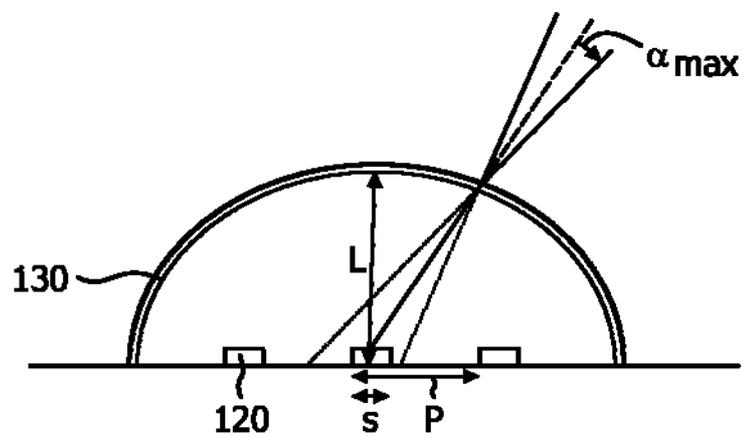


FIG. 3

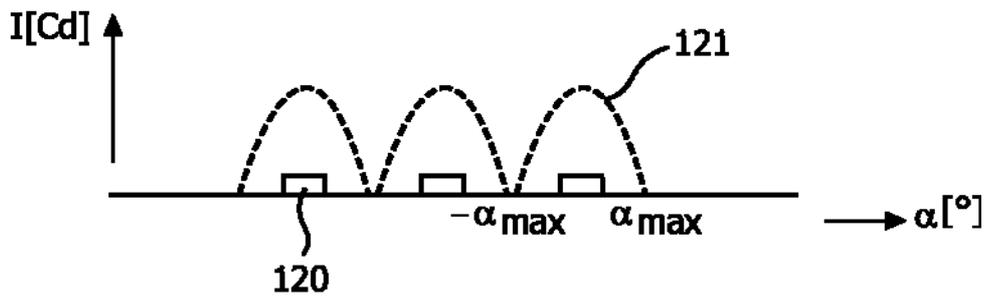


FIG. 4A

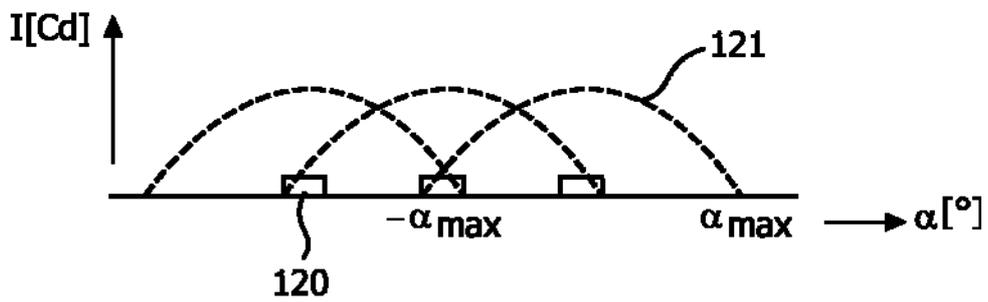


FIG. 4B

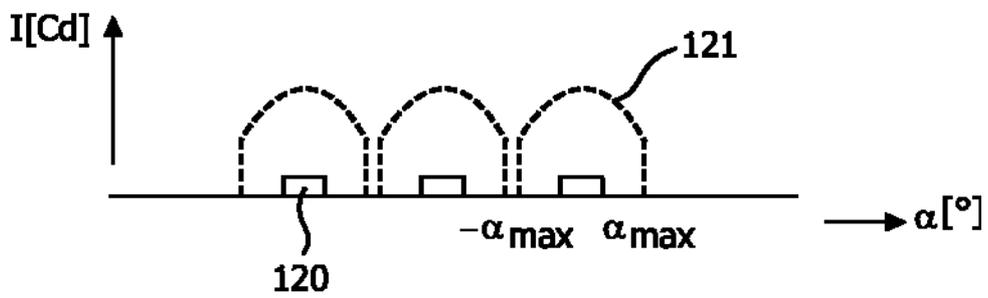


FIG. 4C

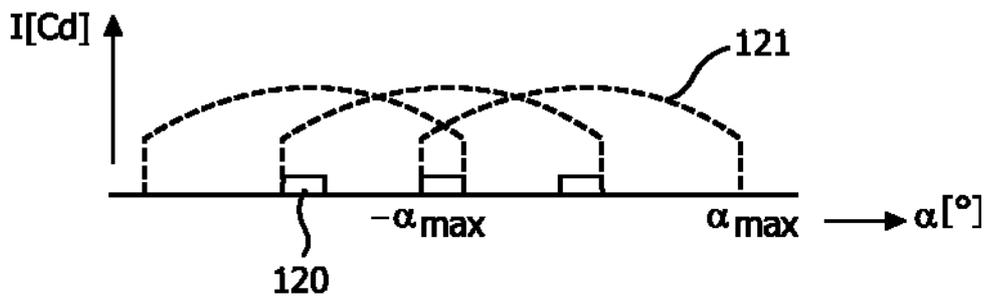


FIG. 4D

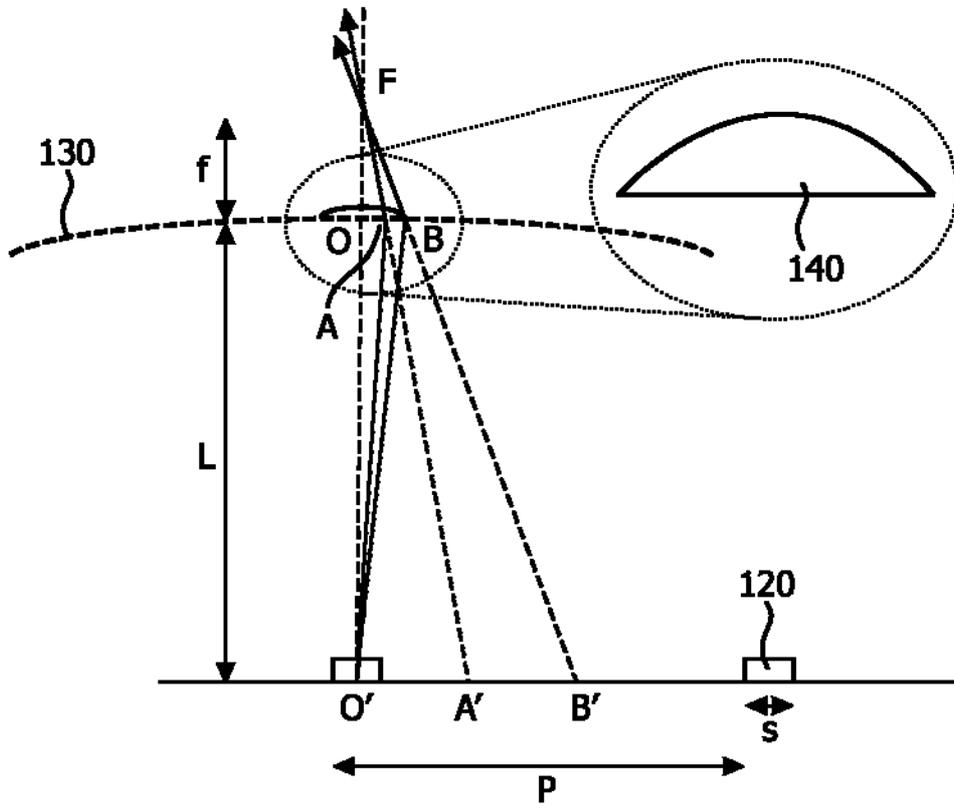


FIG. 5A

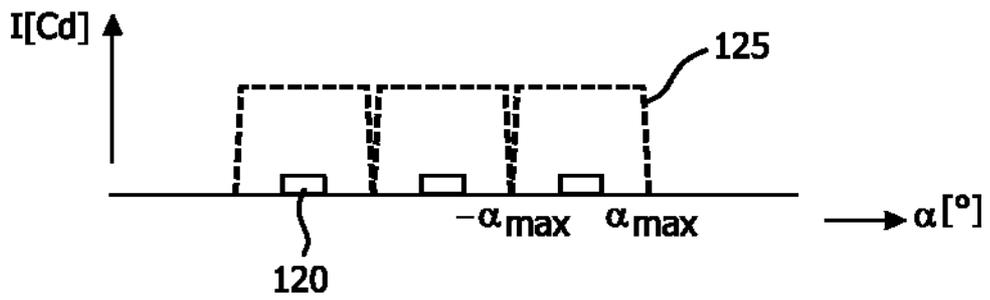


FIG. 5B

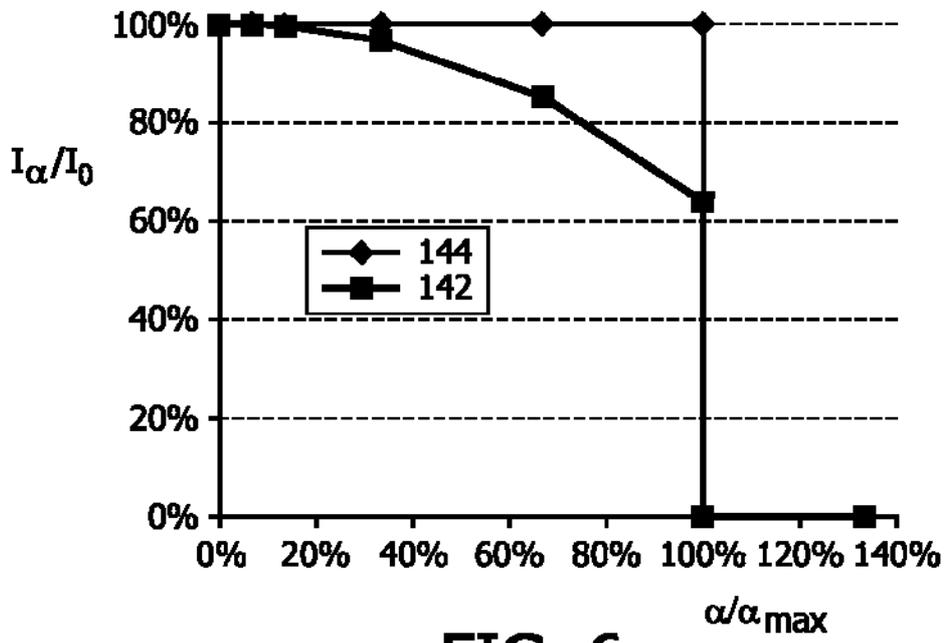


FIG. 6

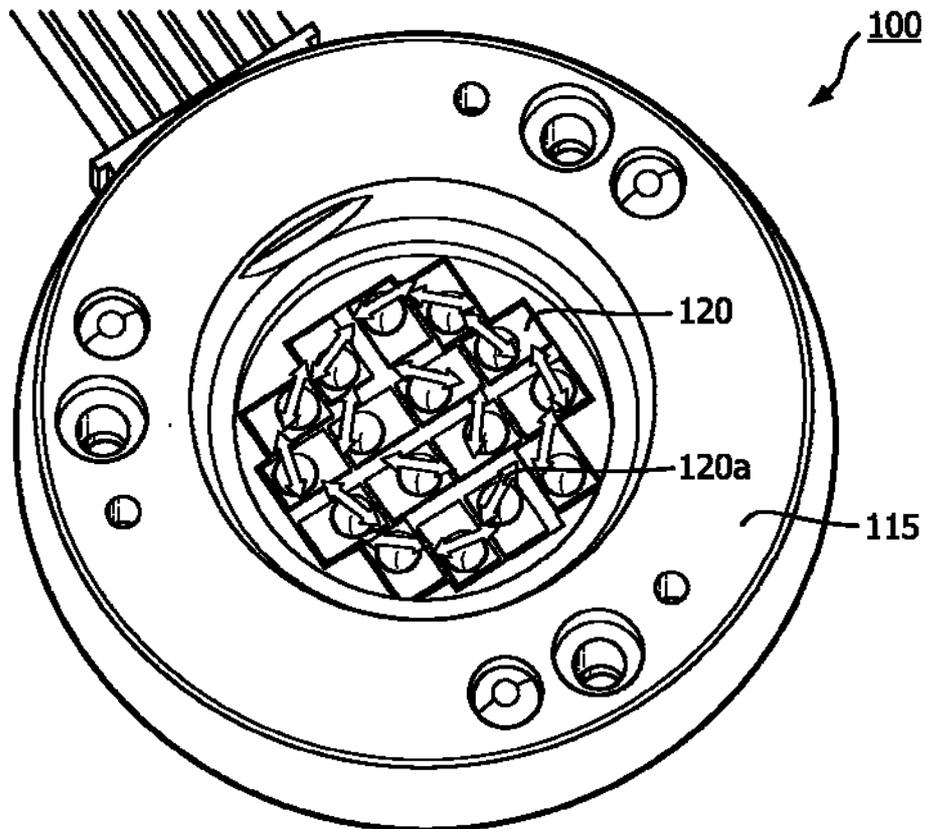
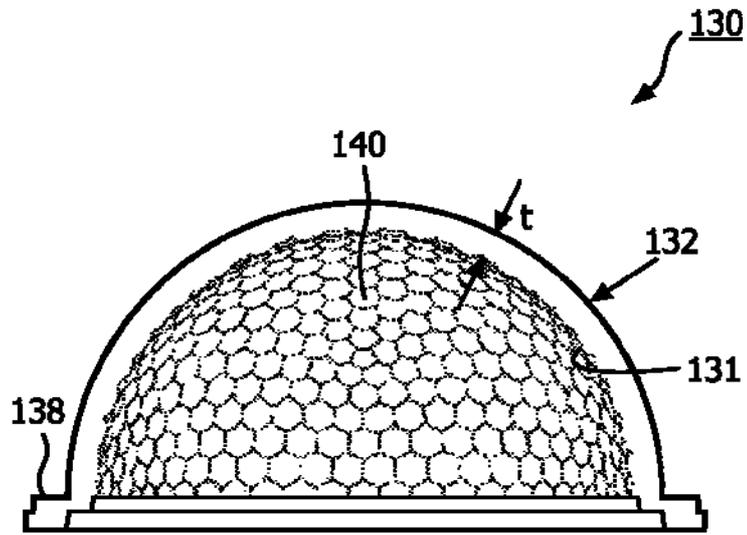
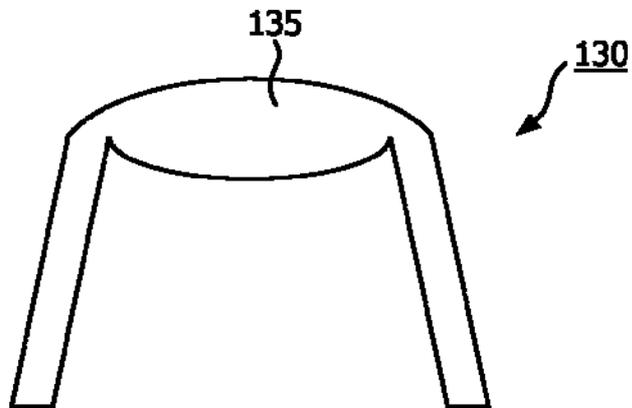


FIG. 7



**FIG. 8**



**FIG. 9**