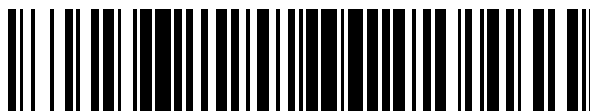


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 995**

51 Int. Cl.:

G02B 5/02 (2006.01)
F21K 99/00 (2006.01)
F21V 5/00 (2008.01)
F21V 5/04 (2006.01)
F21V 13/00 (2006.01)
F21V 14/00 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.05.2016** **PCT/EP2016/060551**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.11.2016** **WO16184748**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2016** **E 16722194 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019** **EP 3298441**

54 Título: **Dispositivo de iluminación, lente y método**

30 Prioridad:

20.05.2015 EP 15168365

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

11.10.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

THIJSEN, JOHANNES, MARIA;
FORNASA, FABIO;
SEPKHANOV, RUSLAN, AKHMEDOVICH y
VAN DE WOUW, INGE

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 726 995 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

Dispositivo de iluminación, lente y método.

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un dispositivo de iluminación que comprende una fuente de luz para emitir luz en una dirección principal a lo largo de un eje óptico y una lente provista en el eje óptico. La invención se refiere además a una lente y a un método para obtener una calidad deseada o requerida de un haz de luz.

10

Antecedentes de la invención

Hoy en día, los dispositivos de puntos de iluminación se aplican en gran medida a la Iluminación comercial y de iluminación de museos. La distribución de la luz se define principalmente por la fuente de luz y la solución óptica, es decir, una parte óptica, como un reflector, colimador TIR o lente. Cada solución óptica tiene sus propias propiedades, ventajas y desventajas, y la elección de la arquitectura óptica depende en gran medida de los requisitos de la aplicación.

15

20

25

30

Un colimador TIR, por ejemplo, es una solución con alta eficiencia óptica y control razonable sobre la distribución de la luz, pero no puede hacer un ancho de haz variable. Un reflector puede ser una solución con buena eficiencia óptica para haces más anchos, pero debido a la luz directa, generalmente no muestra un corte claro en la distribución de la luz. Hasta cierto punto, esto puede mejorarse con un reflector profundo o protegiendo la luz directa, pero esto reducirá la eficiencia y los rayos muy estrechos aún serán un desafío. Las lentes de Fresnel tienden a hacer menos uniformidad de las distribuciones de luz debido a la aparición de difracción en los bordes de los anillos refractivos/reflectantes. Se pueden hacer haces estrechos con una buena distribución de intensidad usando una lente positiva convexa, pero tiene las desventajas de que mostrará aberraciones cromáticas y una imagen visible de la fuente de luz. Además, por ejemplo, cuando se usa un LED como fuente de luz en combinación con una lente tan positiva, el riesgo en una eficiencia óptica relativamente baja aumenta, porque cierta luz de la fuente Lambertiana de LED no entrará en la lente, pero será absorbida por la carcasa. El ancho del haz se puede modificar ajustando la distancia entre la lente y el LED. El documento US 2011/0170289 A1 describe una lámpara direccional adecuada para aplicaciones de puntos de luz de acuerdo con la técnica anterior.

Resumen de la invención

35

40

En vista de las soluciones conocidas de la técnica anterior, cada una con su propia desventaja, existe la necesidad de un dispositivo de iluminación que genere un ancho de haz que pueda variar de muy estrecho a ancho, por ejemplo, un haz de luz emitido dentro de un cono virtual que tiene un ángulo de vértice seleccionado del rango de 5° - 90° , por ejemplo 5° - 40° u 8° - 20° , a la vez que mantiene una distribución de intensidad de luz normal relativamente aguda y una distribución de luz de color relativamente uniforme. Un dispositivo de iluminación de este tipo puede servir para muchas aplicaciones, por ejemplo, la iluminación de objetos en tiendas o museos con exposiciones variables de objetos pequeños y grandes.

45

50

Es un objeto de la invención proporcionar un dispositivo de iluminación del tipo descrito en el párrafo inicial y en el que se pueda variar el ancho del haz y en el que se contrarreste al menos una de las desventajas mencionadas anteriormente. Con respecto al dispositivo de iluminación del tipo descrito en el párrafo de apertura, además, la lente se puede mover con respecto a la fuente de luz a lo largo del eje óptico y que se proporciona una estructura de mezcla en el eje óptico que tiene una intensidad de desenfoque FWHM en un rango de 3° a 15° , la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla aumenta gradual y continuamente con un aumento en la distancia R en dirección radial desde el eje óptico.

55

60

La invención se utiliza preferentemente para puntos de iluminación, donde la calidad de la luz es muy importante, particularmente en aplicaciones como la iluminación de museos y la iluminación de tiendas de gama alta. El dispositivo de iluminación según la invención ofrece una combinación de haz estrecho, haz variable, excelente uniformidad de color, excelente uniformidad de intensidad en la dirección de rotación y excelente perfil de intensidad radial. La estructura de mezcla se utiliza para reducir los artefactos de color causados por la aberración cromática y otros artefactos también. Hacia la periferia de la lente, los rayos de luz se doblan más agudamente, por lo que la compensación de las aberraciones cromáticas a través del desenfoque es más importante y, por lo tanto, es algo más fuerte cerca de los bordes que en el centro de la lente. La intensidad de desenfoque requerida depende de varios parámetros, como el material de la lente, la geometría de la lente, la geometría de la fuente y la distancia desde la fuente de luz a la lente. En general, la estructura de mezcla provoca los fenómenos de mayor vaguedad y ensanchamiento del haz. Se desea la vaguedad ya que elimina la aberración de color y la imagen de la fuente de luz en la superficie de proyección, no se desea ampliar el haz ya que esto limita el rango de control del ancho de haz del dispositivo de iluminación y, a menudo, implica una disminución en el corte abrupto del borde del haz. Por lo tanto, se debe elegir un entorno apropiado para estos dos fenómenos conflictivos.

65

Preferiblemente, la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla aumenta en dirección radial desde el eje óptico en al menos un factor 1.1, por ejemplo, un factor 1.25, para enfrentar adecuadamente este efecto, pero preferiblemente menos de un factor 1.6 para evitar bordes demasiado agudos del haz y/o ensanchamiento del haz. A modo de ejemplo, una lente con una intensidad de desenfoque adicional por la estructura de mezcla de 5° FWHM en el centro, preferiblemente tiene una intensidad de desenfoque en el borde de la lente en el rango de 5.5° a 9° FWHM.

La intensidad de desenfoque se determina de la siguiente manera: como punto de partida se toma un haz colimado de rayos (de luz) de un rayo láser, es decir, un haz de luz que tiene un ancho total a la mitad del máximo (FWHM) esencialmente de 0° (es decir, un rayo láser). Dicho haz colimado de haz de rayos se propaga a través de una estructura de mezcla que produce una propagación de la luz del haz en un haz de rayos de luz ligeramente divergentes que se propagan en un cono virtual alrededor de un eje cónico (que podría coincidir con el eje óptico). El cono virtual tiene un ángulo de vértice en el rango de 3° a 15°. Dicha difusión de la luz desde un haz de rayos en un haz colimado (con FWHM = 0°) hasta el haz de rayos de luz mutuamente divergentes en el haz de propagación se mide como FWHM y se define como la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla, es decir, en esta invención, en particular, dicha intensidad de desenfoque se establece en un rango de 3° a 15° FWHM. La intensidad de desenfoque deseada se puede obtener mediante estructuras de tamaño micro aleatorias, por ejemplo, una superficie pulida con chorro de arena, o mediante estructuras geométricas de tamaño micro estándar, por ejemplo, una superficie de mosaico de pirámides cuadradas. Micro tamaño significa un tamaño en el rango de 1 μm , es decir, al menos mucho más largo que la longitud de onda de la luz visible, hasta aproximadamente 5000 μm , o preferiblemente 1000 μm . Las estructuras aleatorias en general son ventajosas ya que son relativamente fáciles de hacer y hacen que la intensidad de desenfoque proporcione un haz en forma Gaussiana, con un borde de haz agradable y suave. Cuando el desenfoque tiene un perfil o distribución Gaussiana, la intensidad de desenfoque también se puede expresar en términos de sigma Gaussiano o σ , en donde $\sigma = \text{FWHM}/2.355$. El desenfoque puede ser diferente en las direcciones transversales, es decir, en una dirección x el desenfoque puede ser, por ejemplo, solo 3°, mientras que en la dirección transversal y, el desenfoque puede ser, por ejemplo, 12°, esta independencia en el patrón de haz deseado.

Parece que, en general, una intensidad de desenfoque en el rango de FWHM 3° a 15° dará como resultado un haz que tiene un perfil de intensidad normal y una distribución de color uniforme. Por lo tanto, por ejemplo, en el caso de que la fuente de luz sea un LED, tal grado de dispersión hace que el dispositivo de iluminación emita durante el funcionamiento un haz de luz de la calidad deseada. En particular, el valor límite inferior de 3° para la intensidad de desenfoque hace que el haz tenga un grado de aberración cromática aceptablemente bajo, es decir, la aberración cromática está justo en o por debajo de un nivel de umbral para ser observable. En particular, cuando se toma el diagrama de cromaticidad de CIE (u' , v') como espacio de color, la aberración de color dentro del haz es más pequeña que un círculo con un radio de menos de 0.0055 (u' , v') en coordenadas en dicho espacio de color desde el color promedio del haz, que para la mayoría de las aplicaciones es un valor práctico y aceptablemente bajo. Preferiblemente, dicho radio es igual o menor que 0.0013 (u' , v') en coordenadas, es decir, debajo de una diferencia de cromaticidad apenas perceptible con una probabilidad del 50% de que los humanos ya no observan la diferencia de color en la región blanca del diagrama (u' , v'). Cuando dicho radio es igual o menor que 0.0011 en coordenadas (u' , v'), los humanos ya no pueden observar las diferencias de color. Cuanto mayor sea la intensidad de desenfoque, mejor será la homogeneidad del haz con respecto a la ausencia de aberración cromática y la ausencia de diferencia euclidiana, es decir, la ausencia de visibilidad de una imagen de fuente de luz en el haz proyectado. Sin embargo, el desenfoque no debe ser demasiado. Por lo tanto, por debajo del valor superior de 15° de la intensidad de desenfoque, el haz de luz emitido por el dispositivo de iluminación todavía puede ser estrechamente aceptable para la mayoría de las aplicaciones.

Además, el desenfoque no se debe confundir con la dispersión difusa, ya que, con la dispersión difusa, cada ubicación en la que se produce la dispersión difusa se comportará como una fuente de luz de Lambertiana y aumentará la cantidad relativamente pequeña del haz de luz primario original. Sin embargo, en la invención, el desenfoque prácticamente siempre incluye un pequeño porcentaje de dispersión, por ejemplo 5%, debido a cierta rugosidad de la superficie, irregularidades internas o límites. En la invención, la dispersión difusa por la estructura de mezcla se permite en cierta medida, por ejemplo, hasta el 25% de la luz que incide sobre la estructura de mezcla puede dispersarse de manera difusa. En el caso de una estructura de mezcla, por ejemplo, obtenida mediante chorro de arena o superficie grabada, existe un riesgo significativo en una gran cantidad de dispersión difusa. La cantidad de dispersión difusa por parte de una superficie arenada o grabada con chorro de arena debe, por ejemplo, controlarse mediante el grado de limpieza con chorro de arena/grabado y por la densidad del patrón así obtenido, es decir, la superficie tratada solo tiene un chorro de arena/grabado tal que una parte significativa, por ejemplo, al menos el 75%, de la luz incidente en las estructuras de mezcla no se vea afectada y se propague a lo largo de su trayectoria original. La dispersión difusa por la estructura de mezcla es más fácil de controlar con las realizaciones de la estructura de mezcla que comprenden una estructura en relieve, por ejemplo, texturas al azar de tamaño micro o estructuras geométricas regulares de tamaño micro como lentes, prismas, facetas. Debido a los bordes redondeados de las estructuras en relieve y la ausencia de transiciones bruscas, dichas estructuras en relieve generalmente implican una dispersión menos difusa, por ejemplo, un 10% o menos, como un 3%.

Para el grado de formación de imágenes de la fuente de luz en el haz proyectado, la diferencia geométrica es la longitud que se mide, en la presente invención se usa la diferencia euclidiana para esto. La diferencia euclidiana se toma como la distancia euclidiana, es decir, la distancia en línea recta entre dos puntos en el espacio euclidiano. Por lo tanto, para la imagen de la fuente de luz en el haz de luz proyectado sin desenfoque agregado, se mide el valor básico de la diferencia euclidiana para dos (preferiblemente la más diferente) secciones transversales. Luego, en las mismas secciones transversales, la diferencia euclidiana se determina para la imagen de la fuente de luz en el haz de luz proyectado al que se agrega el desenfoque, y luego se divide por dicho valor básico dando como resultado un valor normalizado para la diferencia euclidiana. Si este valor normalizado está por debajo de un valor de umbral elegido, por ejemplo, en el presente caso por debajo del 10%, se considera que la imagen de la fuente de luz está suficientemente ausente o se considera invisible.

Dependiendo de las propiedades de haz deseadas del dispositivo de iluminación, se puede elegir la fuente de luz y el material de la lente. La fuente de luz preferiblemente es un LED o, una pluralidad de LED (por ejemplo, blanco, RGBW o RGBA) ya que son relativamente baratos y permiten aplicaciones de bajo voltaje y emiten luz como un hemisferio solo en una dirección hacia adelante. Sin embargo, como alternativa, se puede utilizar una lámpara HID compacta o una lámpara halógena como fuente de luz.

La lente puede ser, por ejemplo, una lente refractiva esférica, esférica, hiperbólica, convexa-cóncava, planoconvexa o doble convexa. Una lente positiva generalmente redirige, converge y/o colima la luz en un haz relativamente estrecho. Las aberraciones cromáticas son causadas por diferencias en el índice de refracción para diferentes longitudes de onda. El material de la lente puede seleccionarse, por ejemplo, entre vidrio blando, vidrio duro, vidrio de cuarzo o un material polimérico como PMMA, policarbonato o polietileno, aunque también pueden ser posibles otros (co)polímeros. Las lentes de vidrio generalmente pueden soportar mejor las altas temperaturas, por ejemplo, causadas por la fuente de luz, pero, por otro lado, las lentes sintéticas son algo más ligeras (en peso) que las lentes de vidrio.

La siguiente tabla muestra la relación entre el índice de refracción y la longitud de onda para algunos materiales de lentes adecuados:

Longitud de onda λ	Silicona	PMMA	Vidrio de Sílice (SiO ₂)
400nm	1.417	1.499	1.47012
500nm	1.410	1.490	1.46233
600nm	1.404	1.485	1.45804
700nm	1.401	1.482	1.45529
800nm	1.407	1.487	1.45332

Como se mencionó anteriormente, si la fuente de luz (LED) está cerca o en el punto focal de la lente, se proyectará una imagen de la fuente de luz en la superficie proyectada, por ejemplo, una pared o un objeto iluminado. Aunque esta imagen no es muy nítida, no se prefiere el haz uniforme y simétrico rotacional uniforme. Una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque la intensidad de desenfoque FWHM está en el rango de 4.5° a 10°. Una intensidad de desenfoque FWHM $\geq 4.5^\circ$ hace que el dispositivo de iluminación emita un haz en el que se elimina la imagen de la fuente de luz en la superficie proyectada, es decir, el valor normalizado de la diferencia euclidiana de la fuente de luz con imagen en el haz proyectado es inferior al 10%. Una intensidad de desenfoque FWHM $\leq 10^\circ$ hace que el dispositivo de iluminación emita un haz con un corte relativamente abrupto, es decir, el borde del contorno exterior del haz proyectado se observa como relativamente agudo mientras que se puede mantener un haz relativamente estrecho.

Una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque la estructura de mezcla se proporciona entre la fuente de luz y la lente. Como se dijo anteriormente, la estructura de mezcla involucra los fenómenos conflictivos de aumentar la vaguedad y el ensanchamiento del haz, y, por lo tanto, se debe elegir un entorno apropiado para estos dos fenómenos conflictivos. Aunque un dispositivo de iluminación con una estructura mezcladora provista en la superficie de salida de la lente es una realización adecuada de la invención, parece que una estructura de mezcla provista en una posición antes de que la luz de la fuente de luz ingrese a la mayor parte de la lente (aguas arriba de la lente), es decir, que se coloca en la superficie de entrada de la lente o se coloca entre la fuente de luz y la lente, proporciona en general un mejor equilibrio entre dichos dos fenómenos conflictivos que el de proporcionar la estructura de mezcla en la superficie de salida de la lente o después de la lente (aguas abajo de la lente). En otras palabras, un pequeño desenfoque antes o en la superficie de entrada de la lente suaviza el haz sin agregar/aumentar significativamente el ancho del haz FWHM.

Una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque la estructura de mezcla se proporciona en un soporte separado. Esta es una solución relativamente simple ya que se evita el paso de proporcionar la estructura de mezcla en la lente. Además, el posicionamiento de la estructura de mezcla en una posición deseada ya sea en sentido ascendente o descendente de la lente, simplemente está habilitado. También la sustitución de una primera estructura de mezcla por una segunda estructura de mezcla diferente es relativamente simple y barata.

Una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque la estructura de mezcla se proporciona en una superficie de entrada de luz de la lente que mira hacia la fuente de luz. De este modo, se reduce el número de piezas necesarias para el dispositivo de iluminación, lo que hace que la construcción del dispositivo de iluminación sea más sencilla.

5 Una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque la estructura de mezcla está en una parte que hace una construcción relativamente simple del dispositivo de iluminación en comparación con las estructuras de mezcla alternativas provistas en dos partes, es decir, en la superficie de entrada y salida de la lente, o que se proporciona en tres partes, es decir, en un soporte separado y la superficie de entrada y salida de la lente. Sin embargo, dichas alternativas ofrecen amplias posibilidades para ajustar el equilibrio entre los dos fenómenos en conflicto de la vaguedad deseada y la ampliación de haz no deseado.

15 Una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque la estructura de mezcla tiene al menos una textura de tamaño micro elegida del grupo que consiste en facetas, lentillas cóncavas o convexas, prismas, crestas prismáticas, inclusiones de gas, superficie esmerilada, superficie arenada, superficie grabada, inclusiones de polvo. Micro tamaño significa un tamaño en el rango de 1 μm , es decir, al menos mucho más largo que la longitud de onda de la luz visible, hasta aproximadamente 5000 μm , pero preferiblemente de 1000 μm o menos, ya que una estructura relativamente fina ofrece amplias posibilidades de ajuste fino para el desenfoque. Las estructuras de desenfoque aleatorio, como las inclusiones de gas, la superficie esmerilada, la superficie arenada, la superficie grabada, las inclusiones sólidas y/o líquidas que tienen un índice de refracción diferente del material en el que están incrustadas, son adecuados para obtener el aumento de vaguedad deseado al tiempo que conservan un haz relativamente estrecho. Alternativamente, se pueden usar estructuras geométricas, por ejemplo, una textura de lentillas o prismas, para lograr dicho efecto deseado. La ventaja de las estructuras geométricas en comparación con las estructuras aleatorias es que la función óptica se puede controlar mejor con estructuras geométricas que con estructuras aleatorias. Por otro lado, las estructuras aleatorias pueden en algunos casos ser más fáciles de producir.

20 La pluralidad de lentillas puede comprender lentillas convexas y/o cóncavas. El poder óptico óptimo de estas lentes se puede encontrar al medir la diferencia euclidiana, como se explicó anteriormente. Una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque la estructura de mezcla se incorpora como una estructura geométrica regular, por ejemplo, como una superficie en mosaico de triángulos, cuadrados, rectángulos, hexágonos o una combinación de octágonos con cuadrados. Una ventaja de las estructuras regulares es que es más fácil diseñar la estructura de mezcla con las propiedades de mezcla correctas. Ejemplos de geometrías son:

- 35 - Cúpulas, agregadas a la superficie de entrada de la luz, colocadas, por ejemplo, en una configuración trigonal;
- Cúpulas, sustraídas de la superficie de entrada de la luz, colocadas, por ejemplo, en una configuración hexagonal;
- Protuberancias o abolladuras parabólicas, colocados, por ejemplo, en una configuración cuadrada;
- 40 - Cilindros o conos, agregados a la superficie de entrada de la luz en una configuración en forma de estrella. Esto compensará principalmente la generación de imágenes de una fuente no circular, con un efecto limitado en el ancho del haz, pero también un efecto reducido en la compensación de las aberraciones cromáticas. Esto puede tener una ventaja en caso de que la no circularidad de la fuente sea más perturbadora que las aberraciones de color;
- 45 - Lentes tóricas, añadidas a la superficie de entrada de la luz en una configuración concéntrica. Esto tendrá principalmente impacto en las aberraciones de color y menos en la no circularidad. El efecto de la propagación del haz será mayor.

50 El grado de desenfoque de la estructura de mezcla se puede variar a través de una serie de parámetros de los elementos de tamaño micro de esta, como por ejemplo la densidad y/o el tamaño de las inclusiones de gas, inclusiones de partículas, o perfiles de textura en relieve, el ángulo (extendido en) de las estructuras del prisma, el diámetro y el radio de las lentillas. Adicionalmente, el índice de refracción del material de la estructura de mezcla se puede usar para variar dicho grado de desenfoque o cualquier otra estructuración, formación y/o facetado de la superficie de la estructura de mezcla se puede usar para variar dicho grado de desenfoque. La propiedad crucial de todas estas superficies es su función para aumentar ligeramente la vaguedad y/o ampliar el haz de luz entrante en cada posición de la superficie de la lente.

60 Una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque la lente es una lente esférica. Una lente refractiva esférica como tal reduce las aberraciones ópticas, pero tiene un perfil de superficie algo más complejo que una lente refractiva convexa normal. Una lente refractiva convexa hace que el dispositivo de iluminación sea relativamente eficiente, ya que hay relativamente poca reflexión de Fresnel debido a que la luz que entra y sale del material refractivo es relativamente perpendicular a su superficie exterior.

65 Una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque la lente tiene un diámetro D_L y la fuente de luz tiene un diámetro D_{LS} , en donde $D_L/D_{LS} \geq 6$, preferiblemente $D_L/D_{LS} \geq 8$. Para $D_L/D_{LS} \geq 6$, la fuente de luz tiene un tamaño relativamente pequeño en comparación con la lente, por lo que puede considerarse más o menos como

una fuente de luz de tipo puntual y se puede evitar la obtención de imágenes de la fuente de luz en el haz proyectado. Cuando el $D_L/D_{LS} \geq 8$ se obtienen resultados aún mejores, la imagen de la fuente de luz en el haz proyectado se puede hacer completamente invisible para los humanos. Esta invención se puede utilizar para una variedad de fuentes de luz conocidas por su uso en puntos de luminarias de, por ejemplo, lámparas halógenas, lámparas de descarga de gas a alta presión (HID) y LED. La ventaja de un LED es que generalmente comienza con un patrón de emisión Lambertiana de aproximadamente 120° FWHM que permite un acoplamiento más eficiente que con fuentes omnidireccionales como lámparas halógenas y HID. En el caso de las fuentes de luz omnidireccionales, un espejo especular directamente detrás de la fuente de luz ayudaría a mejorar la eficiencia. Las fuentes de luz más grandes, como las lámparas fluorescentes (compactas) u OLED, no se prefieren debido a su gran tamaño.

La invención se refiere además a una lente provista de una estructura de mezcla que tiene una intensidad de desenfoque FWHM, con FWHM en un rango de 3° a 15° , la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla aumenta gradual y continuamente con un aumento en la distancia R en una dirección radial desde el eje óptico. Dicha lente no solo es aplicable en un dispositivo de iluminación de acuerdo con la invención, sino que también es adecuada para un dispositivo de iluminación con una lente fija, es decir, una lente no movable con respecto a la fuente de luz, y en donde el ancho del haz se controla a través de diafragmas.

La invención se refiere además a un método para obtener una calidad deseada o requerida de un haz de luz, el método comprende los pasos de:

- seleccione una fuente de luz para generar un haz de luz primario;
- seleccione para un haz de luz secundario al menos un valor umbral deseado o requerido de al menos uno de aberración de color y diferencia geométrica;
- proporcione una estructura de mezcla para la transformación del haz de luz primario en el haz de luz secundario, dicha estructura de mezcla se proporciona en un eje óptico y tiene una intensidad de desenfoque FWHM, con FWHM en un rango de 3° a 15° , la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla aumenta gradual y continuamente con un aumento en la distancia en una dirección radial R desde el eje óptico;
- variar la transformación del haz de luz por la variación en la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla para determinar el desenfoque mínimo agregado por el cual se obtiene dicho al menos un valor umbral deseado o requerido para el haz de luz secundario.

Una forma conveniente de evaluar la transformación del haz de luz y llegar al valor umbral deseado o deseado a través de un valor mínimo de desenfoque es trazar el valor obtenido en función de la dispersión agregada. La cantidad de desenfoque agregado a la cual la gráfica se vuelve más baja que el valor de umbral es el desenfoque mínimo agregado. Una posible medida de la diferencia geométrica es la diferencia euclidiana.

En el método se podría agregar una lente para proporcionar un haz de luz secundario más colimado. Sin embargo, la presencia de una lente influye en la formación de imágenes de la fuente de luz en el haz secundario y, por lo tanto, las propiedades de desenfoque de la estructura de mezcla para proporcionar el desenfoque agregado probablemente deben ajustarse en consecuencia.

Breve descripción de los dibujos

La invención se explicará ahora por medio de los dibujos esquemáticos, en los cuales:

La figura 1 muestra una sección transversal de una primera realización de un dispositivo de iluminación según la invención;

La figura 2 muestra los puntos de luz y las propiedades de los haces obtenidos por dispositivos de iluminación conocidos y de acuerdo con el dispositivo de iluminación de la figura 1;

Las figuras 3A-B muestran la relación de la formación de imágenes de una fuente de luz LED por una lente en relación con el desenfoque añadido por la estructura de mezcla;

Las figuras 4A-B muestran un primer ejemplo de una estructura de mezcla según la invención provista en una superficie de entrada de una lente;

Las figuras 5A-B muestran un segundo ejemplo de una estructura de mezcla de acuerdo con la invención y los resultados de simulación de la formación de imágenes en relación con la variación en la estructura de mezcla;

Las figuras 6A-B muestran un tercer ejemplo de una estructura de mezcla de acuerdo con la invención y los resultados de simulación de la formación de imágenes en relación con la variación en la estructura de mezcla;

La figura 7A muestra el perfil de intensidad luminosa y la figura 7B muestra la diferencia de color du'v' de una sección transversal de un haz con FWHM = 13°, respectivamente, sin y con un mayor desenfoque; y

Las figuras 8A-F muestran ejemplos de intensidades de desenfoque en función de la distancia radial desde el eje óptico.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La figura 1 muestra una sección transversal de una primera realización de un dispositivo de iluminación 1 de acuerdo con la invención. El dispositivo de iluminación comprende una carcasa 3 dispuesta centralmente alrededor de un eje 5 óptico y aloja una fuente 7 de luz montada centralmente sobre el eje óptico. La fuente de luz en la figura es un LED que comprende un domo 9 con un D_L de diámetro de aproximadamente 1 cm, emitiendo un haz 12 de luz primario el LED. La carcasa comprende además una lente 11 de vidrio, es decir, LIBA 2000, montada centralmente en el eje óptico y que tiene un diámetro D_L de lente de aproximadamente 7 cm y que se puede mover con respecto a la fuente de luz a lo largo y/o sobre el eje óptico. La lente tiene una superficie 13 de entrada de luz y una superficie 14 de salida de luz, la superficie de entrada de luz está provista de una estructura 15 de mezcla que tiene una intensidad de desenfoque de aproximadamente 4.5° FWHM, el desenfoque tiene una distribución Gaussiana. El dispositivo de iluminación emite un haz 16 de luz secundario.

La figura 2 da una impresión de los puntos del haz de luz y las propiedades de los haces secundarios obtenidos por tres dispositivos 2 de iluminación conocidos y un haz 18 obtenida de un dispositivo 1 de iluminación de acuerdo con la realización de la invención de la figura 1. Como se muestra, se puede obtener un punto 17 de haz relativamente estrecho para el haz de luz secundario con el dispositivo de iluminación de la invención, dicho haz de luz secundario es variable y uniforme y tiene un corte abrupto en el borde del haz 19. El dispositivo de iluminación de acuerdo con la invención en general supera a todos los dispositivos de iluminación conocidos y solo, debido a la característica de un haz variable, tiene una eficiencia algo menor que el dispositivo de iluminación que utiliza el colimador TIR. Dicha eficiencia óptica es relativamente baja cuando no se usa una lente TIR, debido a que cierta luz de la fuente Lambertiana LED no entrará en la lente, sino que se absorberá en la carcasa, mientras que una lente TIR captura esencialmente toda la luz, pero no permite un haz variable y, por lo tanto, no cumple con el objetivo de la invención. La luz que no ingresa directamente a la lente puede reflejarse en lugar de absorberse para aumentar la eficiencia óptica, pero esto aumentará el riesgo de ensanchamiento del haz.

Las figuras 3A-B muestran la relación de la formación de imágenes de una fuente de luz LED por una lente en relación con la dispersión añadida por la estructura de mezcla. Para contrarrestar la formación de imágenes y la aberración cromática, la intensidad de desenfoque de la superficie de entrada de la lente aumenta hasta que la vaguedad aumenta hasta el punto de que ya no se ve ninguna imagen en el haz. La visibilidad se define como la diferencia relativa entre las secciones transversales de intensidad sobre A-A y la diagonal B-B de una fuente 1 de luz de LED de cuadrado teórico. La diferencia entre estas secciones transversales se define como la diferencia Euclidiana entre los vectores. La diferencia entre estas secciones transversales se puede definir de muchas maneras, pero aquí se usa la distancia euclidiana. Sin embargo, la visibilidad de la imagen es siempre proporcional a la diferencia, independientemente de la definición. La diferencia en el caso de formación de imágenes sin ningún efecto borroso se normaliza a 1, por lo tanto, la figura 3B muestra la diferencia relativa en la distancia euclidiana. Como lo muestra la curva 21 en la figura 3B de la relación de imagen por la lente de una fuente de luz LED en relación con el desenfoque agregado por la estructura de mezcla, cuando aumenta la intensidad de desenfoque, la imagen se vuelve más vaga y, por lo tanto, la diferencia entre las secciones transversales disminuye, es decir, el perfil de intensidad se aproxima a un círculo. Una formación de imagen que se encuentra en un valor umbral del 10% de la visibilidad completa, en la figura en el punto 20, se define como ausencia de formación de imagen. Desde la curva, en este caso particular para la fuente de luz LED cuadrada teórica, la intensidad de desenfoque en FWHM es de aproximadamente 9° por la ausencia de imágenes en el haz proyectado. En el caso de una fuente real, que es más cercana a una forma redonda, sería suficiente un desenfoque más suave, en general para las fuentes de luz redondas, una intensidad de desenfoque adicional de aproximadamente 4° es suficiente para contrarrestar la imagen adecuadamente. Tenga en cuenta que también se pueden utilizar otros valores de umbral, por ejemplo, al 20% o al 5% de la visibilidad total, según los requisitos de la aplicación, y se pueden definir mediante pruebas de usuario. Las imágenes, tal como se proyectan en una pared, se muestran para el caso de no desenfoque 23 y con una imagen 25 con un desenfoque adicional de aproximadamente 9° FWHM. Se puede usar un modelo similar para definir el requisito mínimo de la estructura desenfocada para reducir/eliminar el efecto visible de las aberraciones cromáticas, consulte las figuras 6A-B.

La figura 4A muestra un primer ejemplo de una estructura 15 de mezcla aleatoria según la invención provista en una superficie 13 de entrada de una lente 11 de vidrio. La superficie de entrada tiene una textura 27 típica que hace que la lente tenga propiedades de desenfoque controladas, en la figura 4A un desenfoque adicional en FWHM de alrededor de 4.5°. La estructura de mezcla aleatoria tiene una textura que comprende ondulaciones irregulares que varían en diámetro/tamaño desde unas pocas décimas de micrómetros hasta un par de cientos de micrómetros y en altura desde aproximadamente un micrómetro hasta aproximadamente veinte micrómetros. La lente con estructura de mezcla se fabrica presionando el vidrio caliente de la lente en un molde, donde la textura (espejo) está en el lado plano del molde. También se podrían usar otros métodos para hacer una estructura de superficie, por ejemplo,

utilizando inclusiones de gas o inclusiones de polvo, o tratar la superficie de la lente transparente o el portador con un agente de grabado, o con limpieza con chorro de arena. Alternativamente, se puede obtener una estructura mezcladora texturizada mediante una textura de lentillas o prismas para lograr el mismo efecto de desenfoque deseado. La figura 4B muestra el perfil de una parte de la textura según lo dispuesto en la lente medido por un perfilador de pasos.

Las figuras 5A-B muestran un segundo ejemplo de una estructura de mezcla 15 de acuerdo con la invención que comprende una superficie teselada de lentillas 31 dispuestas hexagonalmente en una lente 11 y resultados de simulación de formación de imágenes en relación con la curvatura de la lente (figura 5B). La textura de dicha estructura de mezcla de lentillas dispuestas hexagonalmente se muestra en la figura 5A. El efecto de dicha estructura regular de lentillas esféricas convexas dispuestas hexagonalmente se simula de la misma manera que con la estructura aleatoria, y la visibilidad de la imagen de la fuente de luz se establece en 100% cuando la estructura de mezcla está ausente. Para este ejemplo, se utiliza un diámetro de 0.9 mm para cada una de las lentes provistas en una superficie de entrada de una lente PMMA. Esto es solo un ejemplo, se puede usar otro material adecuado y cualquier diámetro de 1 mm o menos siempre que no sea demasiado pequeño para la producción o demasiado cerca de la longitud de onda de la luz, es decir, cuando el diámetro sea al menos 1 μm . Las lentillas son tapas esféricas de 0.9 mm con un radio de lente de curvatura de aproximadamente 3 mm y se colocan en una disposición hexagonal, como se muestra en la figura 5A. Se realizan varias simulaciones para un rango de diferente radio de curvatura de la lente, mientras se mantiene el número de lentillas y el diámetro (proyectado) de 0.9 mm de las lentillas. El resultado se grafica en la figura 5B. El gráfico 33 muestra que la visibilidad de la imagen del LED se reduce a aproximadamente 10% en el punto 35, por lo que se considera que ya no es visible, con un radio de lente de aproximadamente 3 mm y un diámetro (proyectado) de 0.9 mm.

Se han realizado simulaciones similares para una tercera realización de la estructura 15 de mezcla que tiene una superficie facetada con facetas 32 hexagonales con un tamaño de aproximadamente 100 μm de diámetro, como se muestra en la figura 6A. Dicha tercera realización de la estructura de mezcla se proporciona en una cara de entrada de un soporte separado 34 de 1 mm de grosor, posicionada entre la fuente de luz y la lente a 3.6 mm corriente arriba de la superficie de entrada de la lente. Los resultados de estas simulaciones se muestran en la figura 6B en el gráfico 33. Por una variación en la orientación promedio de la faceta con respecto a la superficie principal del plano del portador, denominada "inclinación de la faceta", con dicha superficie principal orientada aproximadamente perpendicular al eje óptico, la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla varía, esto se realiza hasta aproximadamente 20° de inclinación de la faceta. Si la inclinación promedio de la faceta es más de aproximadamente 7°, es decir, a partir del punto 35 en adelante, la imagen de la fuente de luz es inferior al 10%. Los resultados se muestran para una estructura de mezcla que tiene una superficie facetada de facetas distribuidas al azar, aunque a partir de las simulaciones se desprende que también se pueden usar otras distribuciones (dependiendo de la forma de este haz de propagación que uno quiere lograr) y que para pequeños ángulos de inclinación de la faceta (hasta 20°) la distribución angular exacta de las facetas no juega un papel, es decir, también se puede usar una distribución uniforme.

Las figuras 7A-B muestran el perfil de intensidad (figura 7A) sin desenfoque 37 agregado y con desenfoque agregado de 4.23° FWHM 39 de medio haz que tiene una distribución Gaussiana y una diferencia de color $du'v'$ (figura 7B) de una sección transversal de un haz con FWHM = 13°, sin desenfoque agregado 41 y con desenfoque agregado de 8.5° FWHM 43 que tiene una distribución Gaussiana. La estructura de mezcla se utiliza para minimizar los artefactos de color causados por la aberración cromática y otros artefactos, por ejemplo, imágenes. La intensidad de desenfoque requerida depende de varios parámetros, como el material, la geometría de la lente, la geometría de la fuente y la distancia de la fuente a la lente. La estructura de mezcla requerida se puede determinar mediante simulación utilizando el método que se describe a continuación.

Para simular el efecto de una estructura de mezcla, se utiliza una fuente redonda de 12 mm de diámetro y se utiliza $du'v'$ para definir la diferencia de color. La referencia es el promedio ponderado de la $u'v'$. La norma Energy star™ para los artefactos de color para un punto de iluminación requiere que $du'v' \leq 0.005$ se encuentre dentro del 10% de la intensidad máxima, aunque diferentes aplicaciones pueden tener diferentes requisitos. En una aplicación muy exigente, como la iluminación de museos, $du'v' \leq 0.005$ dentro del 1% de la intensidad máxima podría aplicarse.

En la simulación se aplica una imagen desenfocada adicional de 8.5° FWHM con una distribución Gaussiana provista en la superficie de entrada de la lente. Los gráficos de la figura 7A muestran la distribución de intensidad lineal en relación con el ángulo dentro del haz. La línea continua es la distribución de intensidad sin desenfoque, la línea de puntos muestra la distribución de intensidad de luz de la misma lente con la estructura de mezcla mencionada anteriormente. Los gráficos trazados en la figura 7A muestran que el desenfoque suaviza la nitidez del haz, es decir, con aproximadamente 8°, pero el efecto en el ancho del haz FWHM es muy limitado, es decir, aproximadamente solo 2°, es decir, las gráficas en la figura 7A muestran que un pequeño desenfoque (Gaussiano) en la superficie de entrada de la lente suaviza el haz sin agregar al ancho de haz FWHM. La nitidez del haz se puede describir como el espacio angular en el que la intensidad disminuye del 90% de la intensidad máxima al 10% de la intensidad máxima. Si el espacio angular es pequeño, el haz es agudo. La figura 7A muestra que, en el haz de luz, sin mezcla de imágenes por la mezcla de la estructura, la intensidad disminuye de 90% a 10% en un espacio angular pequeño, es decir, de 90° a aproximadamente 5° a 10% a aproximadamente 7.5°. La figura 7A muestra

también que en el haz de luz con un desenfoque agregado por la estructura de mezcla, la distribución de la luz sigue una curva que es esencialmente una distribución Gaussiana, y que el espacio angular en el que la intensidad disminuye de 90% a 10% es en este caso mucho más grande, es decir, de 90% a aproximadamente 3° a 10% a aproximadamente 9°. Por lo tanto, el haz con desenfoque agregado es menos agudo, pero aún más agudo que el obtenido por una combinación comparable de una fuente de luz y un reflector.

Los gráficos de la figura 7B muestran $du'v'$ en relación con el ángulo dentro del haz. La línea continua muestra un gran aumento en $du'v'$ en el área entre 6° y 7°, donde la intensidad sigue siendo alta, es decir, los gráficos en la figura 7A muestran que la intensidad en dicha área es de aproximadamente el 40% de la intensidad máxima. Esto no está de acuerdo con la norma Energy Star y no es aceptable en aplicaciones exigentes. Contrariamente a esto, la línea de puntos en la figura 7B muestra que $du'v'$ está alrededor de 0.002 a una intensidad del 1% de la intensidad máxima, que es el resultado del efecto de desenfoque causado por la estructura de mezcla. El dispositivo de iluminación de acuerdo con la invención tiene las características de las líneas de puntos para la distribución de intensidad y la diferencia de color $du'v'$, y cumple con las especificaciones de la norma Energy Star™ mencionada anteriormente. Además, el desenfoque podría ser incluso un poco menor para que la aberración cromática sea aceptable, haciendo que el perfil de intensidad del haz sea incluso algo mejor. El óptimo se puede definir mediante simulación en un proceso de prueba y error. Preferiblemente, la cantidad deseada de dispersión del haz es el mayor de los dos valores mínimos requeridos para la ausencia de aberración de color y la ausencia de imágenes, ya que ambos criterios se cumplen y aun así se evita cualquier expansión adicional e innecesaria que pueda ampliar el ancho del haz sin ningún beneficio visible.

Si el desenfoque de FWHM en la superficie de entrada de la lente es más grande que el FWHM del ángulo del haz sin la estructura de desenfoque, se incrementará el ancho del haz del FWHM. Esto lleva a la conclusión de que la extensión máxima en FWHM es igual al ancho del haz en FWHM de la misma geometría de lente, sin estructuras desenfocadas. En el caso de que esto no dé un resultado suficiente, debido a los parámetros del sistema de referencia que no se pueden cambiar, se debe aceptar el haz más grande.

Las figuras 8A-F muestran ejemplos de intensidades de desenfoque FWHM en función de la distancia radial desde el eje óptico. Como se muestra, la intensidad de desenfoque puede variar de acuerdo con varios perfiles en la dirección radial R. La intensidad de desenfoque FWHM puede aumentar gradualmente con un gradiente pequeño y constante (figura 8B), o con un gradiente pequeño ligeramente creciente (figura 8A) o un tanto decreciente (figura 8C), o con un aumento brusco repentino del gradiente (figura 8E). La intensidad de desenfoque puede incrementarse gradualmente, pero de manera continua y gradual con un solo paso (figura 8E) o varios pasos (figura 8F). Como se muestra en la mayoría de los casos, la intensidad de desenfoque FWHM de la estructura de mezcla aumenta en la dirección radial R desde el eje óptico en al menos un factor 1.1, preferiblemente en al menos un factor 1.6, en la figura 8D, dicho factor es aproximadamente 2.8. Es evidente que la figura 8A-F solo muestra ejemplos y que se pueden prever otros gradientes.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de iluminación para emitir un haz de luz en una dirección principal a lo largo de un eje óptico, que comprende:

- fuente (7) de luz;

- una lente (11) refractiva positiva provista en el eje óptico, la lente que se puede mover con respecto a la fuente de luz a lo largo del eje óptico; y

- una estructura (15) de mezcla provista en el eje óptico y que tiene una intensidad de desenfoque FWHM, estando el FWHM en un rango de 3° a 15° , caracterizado porque la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla aumenta gradual y continuamente con un aumento en la distancia R en una dirección radial desde el eje óptico.

2. Un dispositivo de iluminación de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla aumenta en la dirección radial R desde el eje óptico en al menos un factor 1.1, preferiblemente en al menos un factor 1.6.

3. Un dispositivo de iluminación de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la intensidad de desenfoque FWHM está en el rango de 4.5° a 10° .

4. Un dispositivo de iluminación de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, caracterizado porque el desenfoque tiene una distribución de acuerdo con un perfil Gaussiano.

5. Un dispositivo de iluminación según la reivindicación 1, 2, 3 o 4, caracterizado porque la estructura (15) de mezcla está dispuesta entre la fuente (7) de luz y la lente (11).

6. Un dispositivo de iluminación según la reivindicación 5, caracterizado porque la estructura de mezcla se proporciona en un soporte separado.

7. Un dispositivo de iluminación según la reivindicación 1, 2, 3 o 4, caracterizado porque la estructura de mezcla está dispuesta en una superficie (13) de entrada de luz de la lente (11) que mira hacia la fuente (7) de luz.

8. Un dispositivo de iluminación según la reivindicación 1, 2, 3 o 4, caracterizado porque la estructura de mezcla está en una parte.

9. Un dispositivo de iluminación de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la estructura de mezcla tiene al menos una textura de tamaño micro elegida del grupo que consiste en facetas, lentillas cóncavas o convexas, prismas, crestas prismáticas, inclusiones de gas, superficie esmerilada, superficie arenada, superficie grabada, inclusiones líquidas, inclusiones sólidas.

10. Un dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la estructura de mezcla se incorpora como una estructura regular geométrica.

11. Un dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 9, caracterizado porque la estructura de mezcla se realiza como una estructura aleatoria.

12. Un dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la lente es una lente asférica.

13. Un dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la lente tiene un diámetro D_L y la fuente de luz tiene un diámetro D_{LS} , en donde $D_L/D_{LS} \geq 6$, preferiblemente $D_L/D_{LS} \geq 8$.

14. Una lente provista de una estructura de mezcla que tiene una intensidad de desenfoque FWHM, con FWHM en un rango de 3° a 15° , caracterizado porque la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla aumenta gradual y continuamente con un aumento en la distancia R en una dirección radial desde el eje óptico.

15. Un método para obtener una calidad deseada o requerida de un haz de luz, el método comprende los pasos de:

- seleccionar una fuente de luz para generar un haz de luz primario;

- seleccionar para un haz de luz secundario al menos un valor umbral deseado o requerido de al menos uno de aberración de color y diferencia geométrica;

5

- proporcionar una estructura de mezcla para la transformación del haz de luz primario en el haz de luz secundario, dicha estructura de mezcla se proporciona en un eje óptico y tiene una intensidad de desenfoque FWHM, con FWHM en un rango de 3° a 15° , la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla aumenta gradual y continuamente con un aumento en la distancia R en una dirección radial desde el eje óptico;
- variar la transformación del haz de luz por la variación en la intensidad de desenfoque de la estructura de mezcla para determinar el desenfoque mínimo agregado por el cual se obtiene dicho al menos un valor umbral deseado o requerido para el haz de luz secundario.

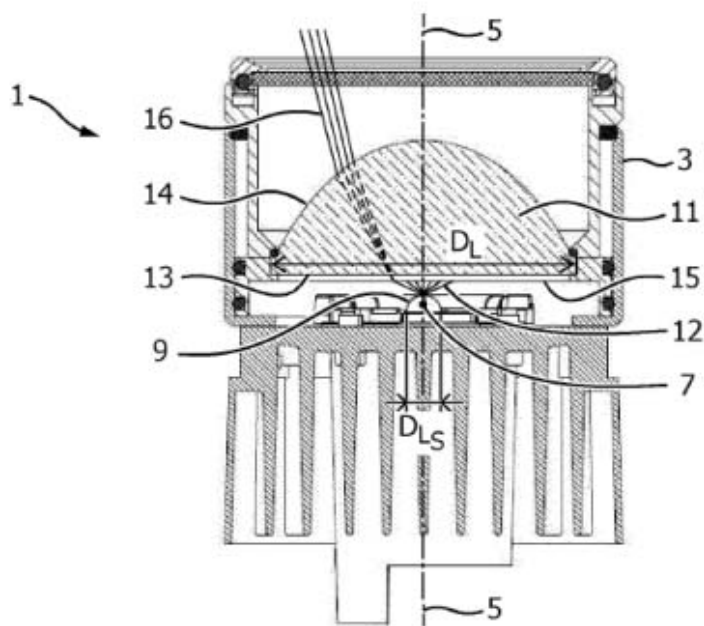


FIG. 1

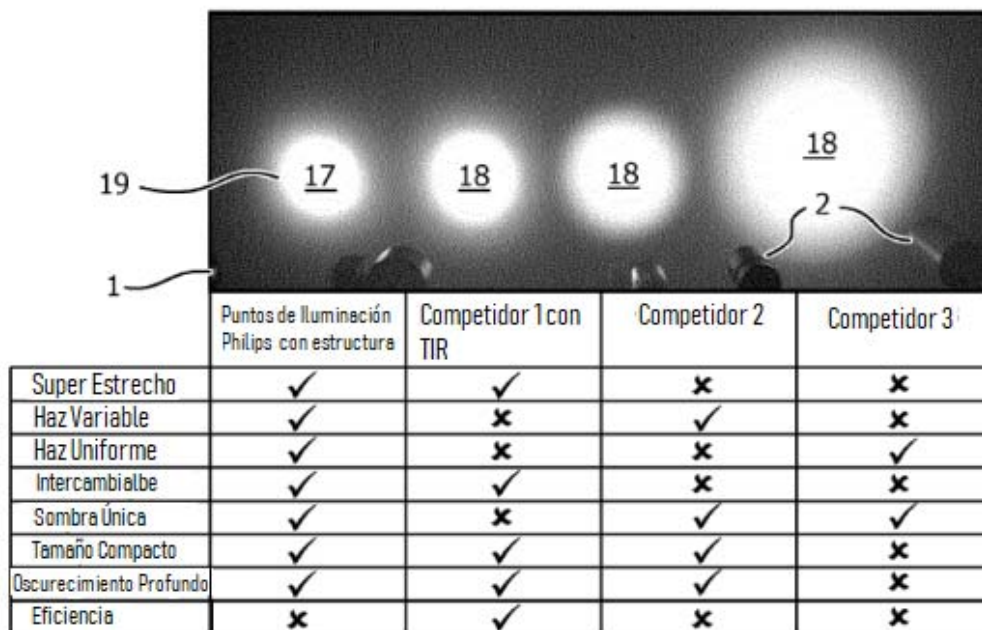


FIG. 2

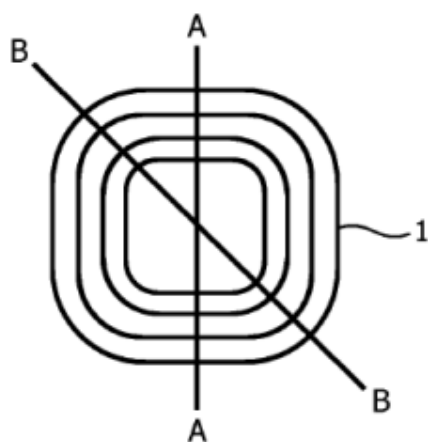


FIG. 3A

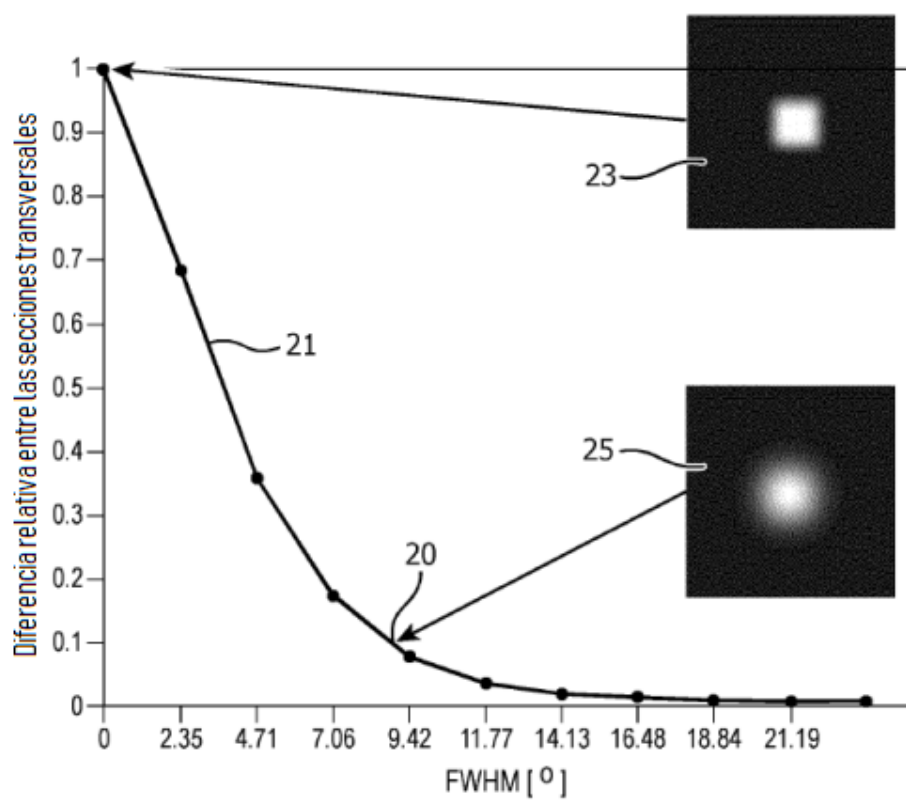


FIG. 3B

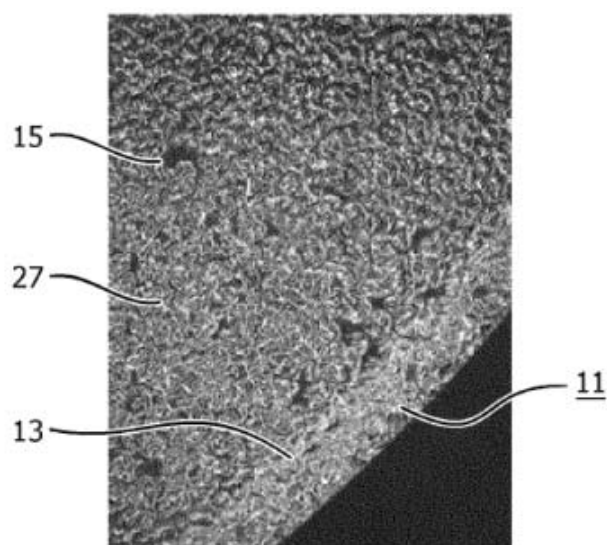


FIG. 4A

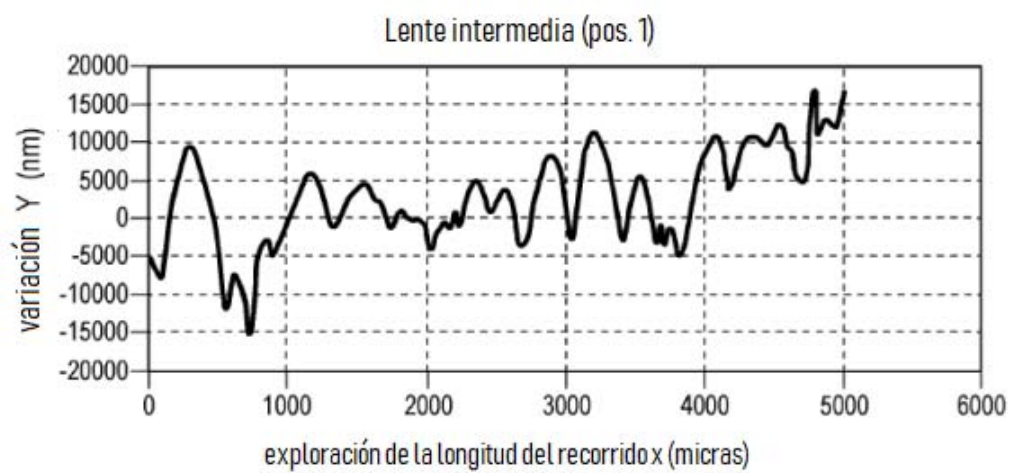


FIG. 4B

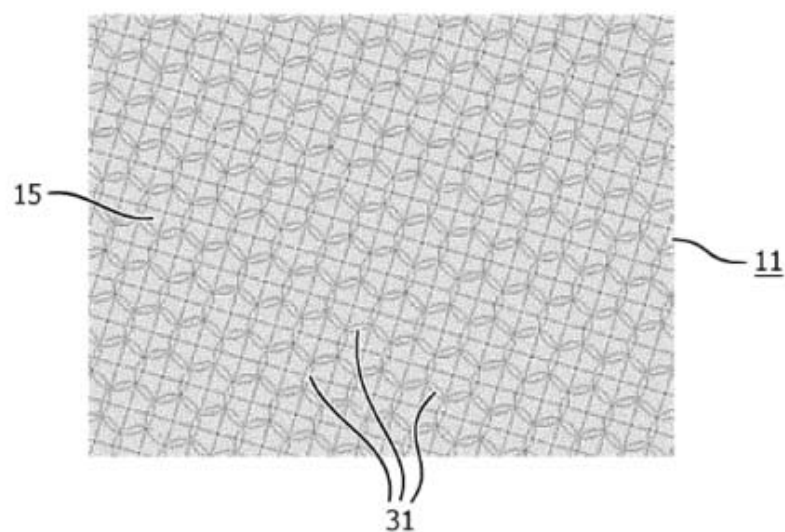


FIG. 5A

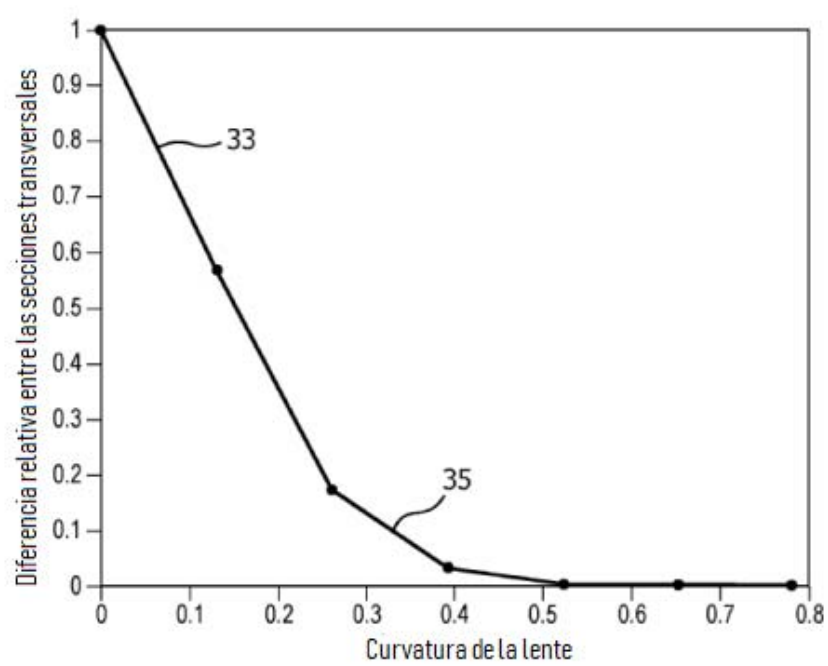


FIG. 5B

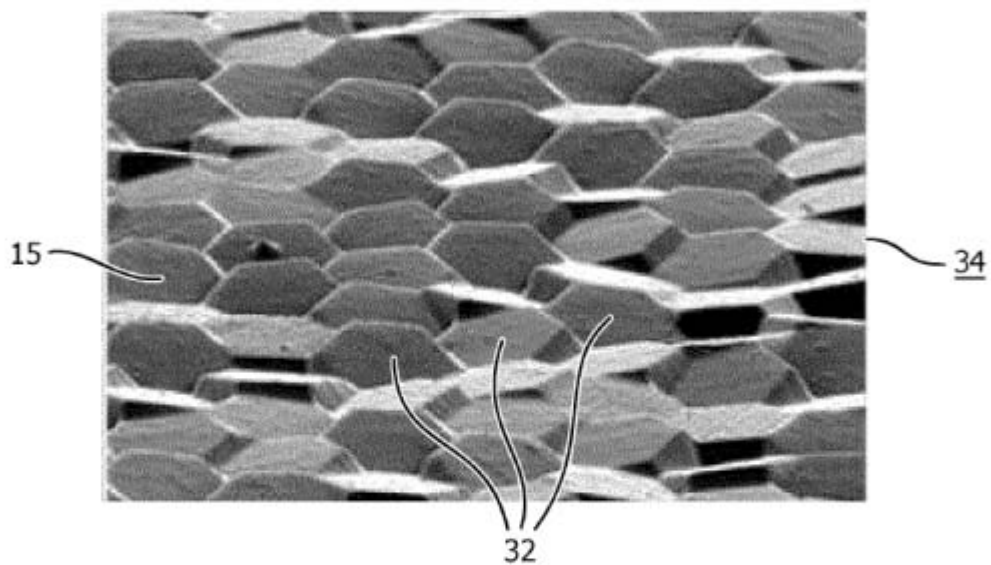


FIG. 6A

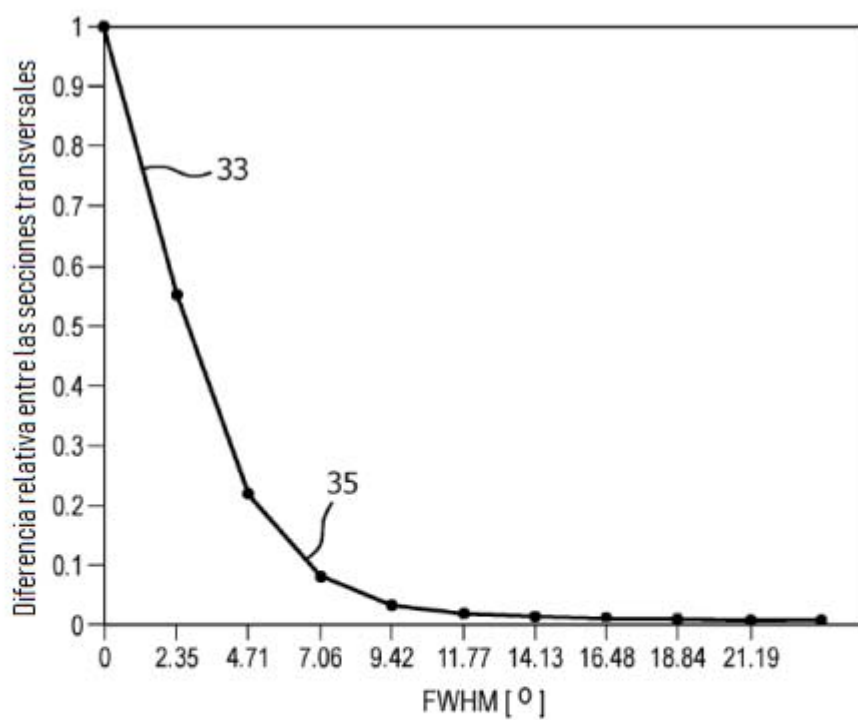
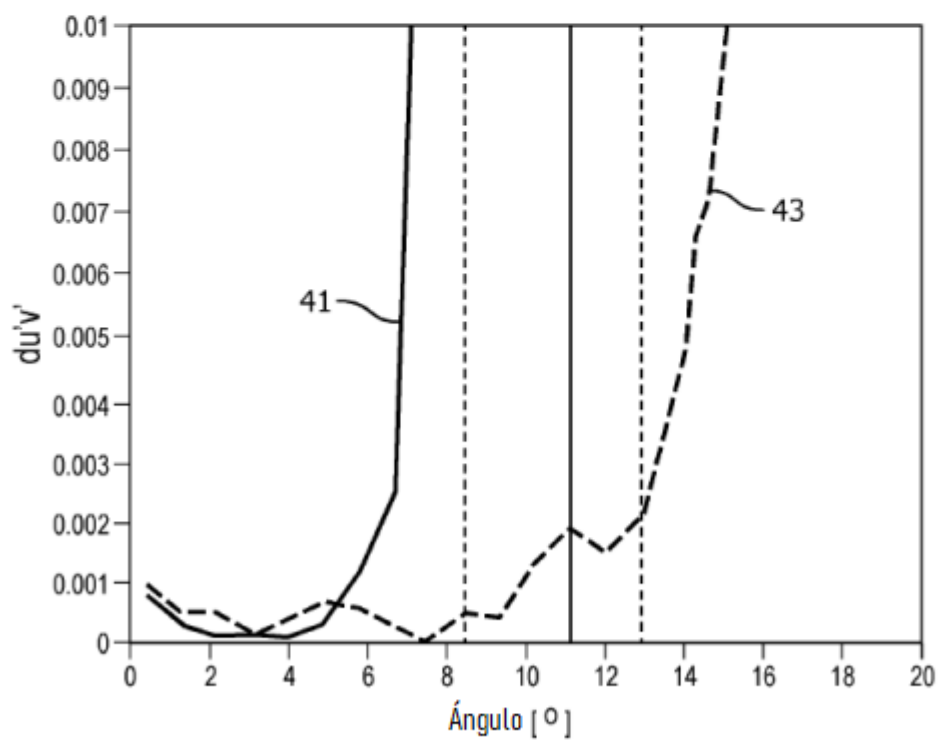
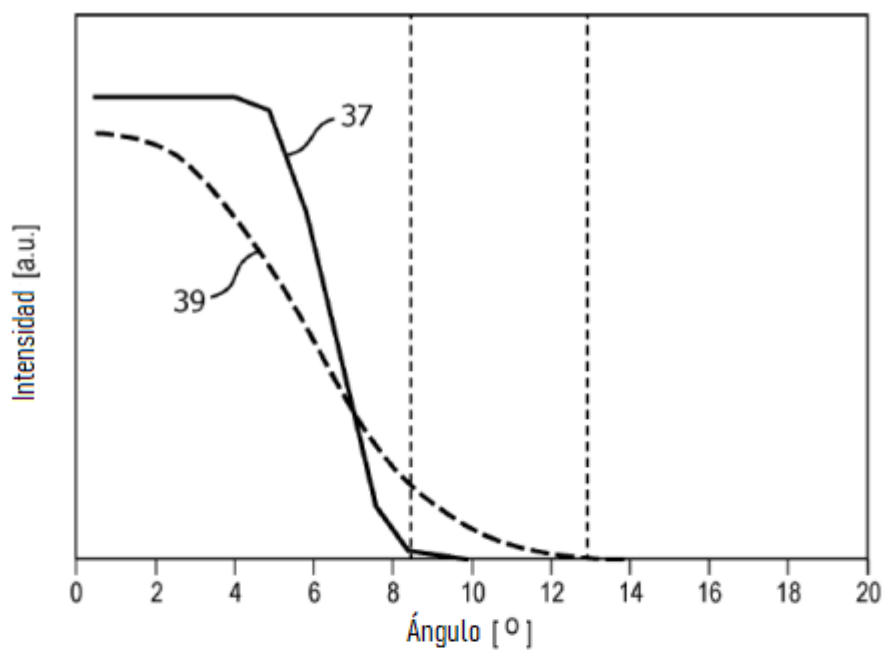


FIG. 6B



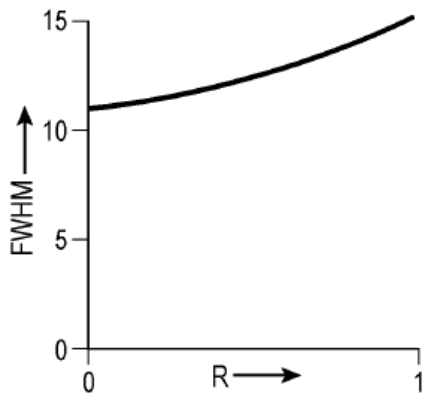


FIG. 8A

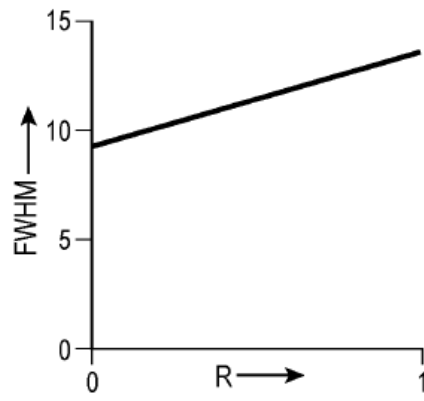


FIG. 8B

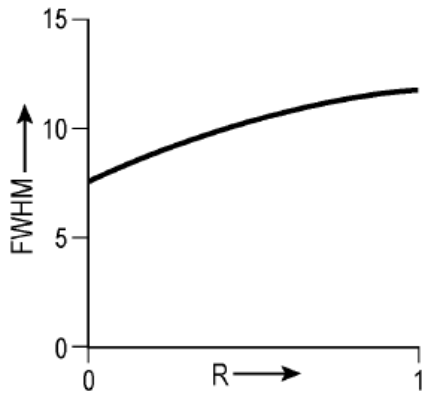


FIG. 8C

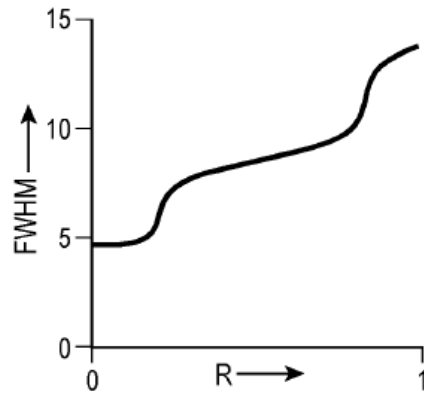


FIG. 8D

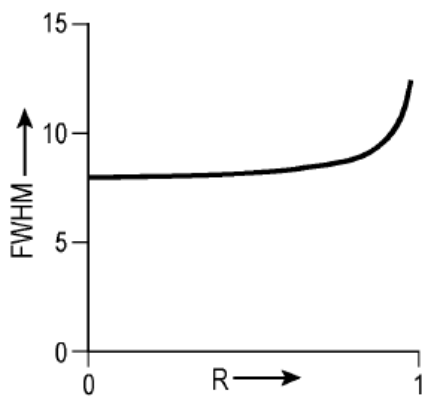


FIG. 8E

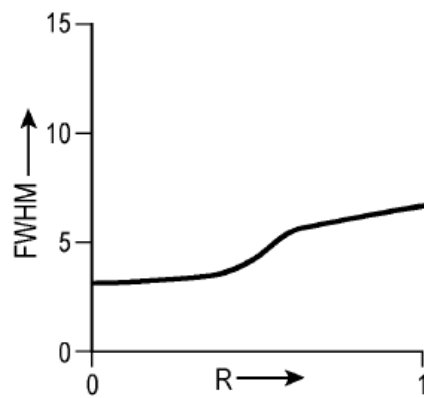


FIG. 8F