

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 869 878**

51 Int. Cl.:

F21S 10/00 (2006.01)

F21V 5/00 (2008.01)

F21Y 115/10 (2006.01)

F21Y 105/14 (2006.01)

F21W 131/406 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2017** **PCT/EP2017/084349**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.07.2018** **WO18134028**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2017** **E 17829652 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.03.2021** **EP 3571436**

54 Título: **Generación de posición de luz puntual ajustable**

30 Prioridad:

17.01.2017 EP 17151840

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

26.10.2021

73 Titular/es:

SIGNIFY HOLDING B.V. (100.0%)

High Tech Campus 48

5656 AE Eindhoven, NL

72 Inventor/es:

VAN GHELUWE, JOCHEN, RENAAT;

DROSS, OLIVER y

BERGMAN, ANTHONIE, HENDRIK

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 869 878 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

Generación de posición de luz puntual ajustable

5 **CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un dispositivo de iluminación para generar un foco ajustable dinámicamente, tal como un proyector de foco.

10 **ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR**

En muchos dominios de aplicación, es deseable poder controlar remotamente la forma y/o la ubicación de proyección de un foco. Dichos dominios de aplicación incluyen, por ejemplo, aplicaciones de minoristas, por ejemplo tiendas, aplicaciones de entretenimiento, por ejemplo teatros, así como aplicaciones domésticas en las que dicho control del
15 foco puede aumentar el atractivo estético de una aplicación de iluminación y/o aumentar la funcionalidad de dicha aplicación de iluminación. Para este fin, el dispositivo de iluminación comprende típicamente un componente motorizado, tal como un filtro motorizado, ruedas de globo motorizadas u otras ópticas motorizadas, cuyo componente motorizado se controla para ajustar las propiedades del foco de una manera deseada, por ejemplo un foco puede moverse controlando las ruedas de globo motorizadas en consecuencia. De un modo similar, la orientación del
20 alojamiento del dispositivo de iluminación puede ajustarse utilizando motores, cambiando de este modo eficazmente la dirección de un haz generado con el dispositivo de iluminación.

Un inconveniente de la inclusión de dichos componentes motorizados en dicho un dispositivo de iluminación es que aumenta sus costes, así como su factor de forma. Además, dichos componentes motorizados son ruidosos, tienden a
25 fallar y, por tanto, requieren un mantenimiento regular.

Por lo tanto, es deseable omitir dichos componentes motorizados del dispositivo de iluminación. Un prototipo de dicho dispositivo de iluminación ha sido desvelado por la empresa Osram; véase: <https://www.osram.com/osramcom/press/press-releases/tradepress/2016/osram-presents-lighting-innovations-at-the-light-building-preview/> según se ha recuperado de Internet el 3 de enero de 2017. Esta luminaria de techo con forma de cúpula comprende 61 diodos emisores de luz (LED) controlables individualmente, comprendiendo cada uno ópticas dedicadas a dar forma a la salida luminosa del LED de una manera deseada, pudiendo controlarse dicha luminaria inalámbricamente utilizando una Wi-Fi con el protocolo DMX512. La forma de cúpula asegura que cada LED está enfocado en una dirección diferente, facilitando de este modo la proyección de puntos de luz en ubicaciones diferentes de un espacio en el que está montada la luminaria. Un inconveniente de esta luminaria es su relativa complejidad
35 debida a las ópticas dedicadas para cada LED y la necesidad de montar cada LED en una superficie con forma de cúpula. Esto aumenta el coste de la luminaria.

Las Patentes US6796690B2 y WO2011144597A2 se refieren ambas a un dispositivo de iluminación para generar un
40 foco ajustable dinámicamente.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención pretende proporcionar un dispositivo de iluminación más simple para generar un foco ajustable
45 dinámicamente que pueda fabricarse de una manera más rentable.

De acuerdo con un aspecto, se proporciona un dispositivo de iluminación para generar un foco ajustable dinámicamente, que comprende una matriz plana de conjuntos de fuentes de luz dirigibles individualmente, comprendiendo cada conjunto al menos una fuente de luz, estando dispuestas cada una de dichas fuentes de luz para
50 producir una distribución luminosa alrededor de un eje óptico; un controlador dispuesto para enfocar individualmente dichos conjuntos de fuentes de luz; y un sistema óptico que comprende una pluralidad de lentes refractivas comunes a las fuentes de luz dirigibles individualmente y dispuestas secuencialmente a lo largo de un eje óptico común para dar forma a la distribución luminosa de cada conjunto de fuentes de luz en un foco y proyectar dicho foco en una dirección angular que es una función de una posición de dicho conjunto en la matriz.

La presente invención se basa en el entendimiento de que una disposición de lentes refractivas que son comunes a todas las fuentes de luz de la matriz plana, cuyas fuentes de luz son preferentemente elementos de iluminación de estado sólido como los LED, puede utilizarse para dar forma a las salidas luminosas respectivas de las fuentes de luz de modo que cada salida luminosa se proyecte en una dirección diferente, es decir, una dirección que es una función
60 de la posición del conjunto de fuentes de luz dentro de la matriz plana. En consecuencia, se consigue un dispositivo de iluminación particularmente compacto que puede generar focos ajustables dinámicamente en los que el ajuste no se limita al ajuste de la posición del foco si no que puede incluir además un ajuste de la forma del foco dirigiendo de un modo inteligente uno o más conjuntos de fuentes de luz del dispositivo de iluminación. Dicho dispositivo de iluminación puede fabricarse utilizando únicamente unos pocos componentes (ópticos) de modo que el dispositivo de
65 iluminación puede fabricarse de una manera rentable. En el contexto de la presente solicitud, un conjunto de dispositivos de iluminación incluye al menos un dispositivo de iluminación, de modo que, en algunas realizaciones, la

matriz plana puede comprender una pluralidad de dispositivos de iluminación dirigibles individualmente, por ejemplo LED. Como alternativa, cada conjunto de dispositivos de iluminación puede comprender una pluralidad de fuentes de luz, por ejemplo un grupo espacial de fuentes de luz, tal como LED, por ejemplo, de modo que un grupo de fuentes de luz dirigidas da la apariencia de una sola fuente de luz a un observador, por ejemplo generando un punto de luz sustancialmente continuo. El controlador está adaptado para calcular una ubicación y luminancia de una imagen fantasma de un conjunto seleccionado de fuentes de luz para generar un foco y para controlar conjuntos adicionales de fuentes de luz de la matriz para generar una región de iluminación de fondo para dicho foco que envuelve la imagen fantasma de modo que la combinación de la región y la imagen fantasma tiene una luminancia definida. La luminancia definida puede ser una luminancia constante o una luminancia que disminuye radialmente en una dirección hacia afuera desde la imagen fantasma. De esta manera, la imagen fantasma se mezcla en una iluminación de fondo, lo que conduce a que la imagen fantasma sea menos perceptible o incluso no perceptible en absoluto, mejorando de este modo el rendimiento estético del dispositivo de iluminación.

Preferentemente, el sistema óptico está dispuesto para cambiar las direcciones angulares respectivas de focos móviles proyectados generados a partir de distribuciones luminosas de fuentes de luz colindantes diferentes de una manera constante. La expresión "foco móvil" en este contexto debe entenderse como que se refiere a un foco que sigue una trayectoria seleccionada y no al tamaño (dinámico) de un foco. La expresión "manera constante" en este contexto debe entenderse en relación con generar un haz dinámico, de modo que cuando dicho haz dinámico en movimiento tiene temporalmente una intensidad máxima ubicada entre componentes de haz individuales, los componentes individuales no son distinguibles, por ejemplo cuando se desplaza dinámicamente el punto de luz a lo largo de una trayectoria específica. La apariencia de un punto de luz que se altera suavemente o se mueve de una manera constante puede generarse, por ejemplo, con el dispositivo de iluminación mediante un difusor comprendido en el sistema óptico, lo que provoca un desenfoque angular del haz generado por el sistema óptico con un ángulo de difusión que es igual o ligeramente superior, es decir, aproximadamente un 10 % mayor, que un paso angular generado por el sistema óptico. En este contexto, "paso angular" indica una diferencia angular entre la dirección de la luz central final de una fuente de luz después de la formación de imágenes por el sistema óptico y la dirección de la luz central final de una fuente de luz colindante en la matriz.

Como alternativa o adicionalmente, la apariencia de un punto de luz que se mueve suavemente de una manera constante y en una dirección escogida a lo largo de una trayectoria puede generarse con el dispositivo de iluminación cuando, durante el funcionamiento del dispositivo de iluminación, un conjunto seleccionado de fuentes de luz para generar un punto de luz tiene fuentes de luz adyacentes a dicho conjunto seleccionado en dicha dirección elegida que empieza a funcionar a un nivel de atenuación cuyo nivel de atenuación aumenta gradualmente en la dirección radial que se aleja de dicho centro de dicho conjunto seleccionado. Pueden formarse fuentes de luz adyacentes del mismo nivel de atenuación como anillos parciales alrededor del centro de dicho conjunto seleccionado de fuentes de luz indicado por un número de anillos creciente en una dirección radial que se aleja del centro del conjunto seleccionado de fuentes de luz. Por ejemplo, un primer anillo parcial directamente adyacente a dicho conjunto seleccionado puede atenuarse para dar como resultado aproximadamente un 30 %, un segundo anillo parcial puede atenuarse para dar como resultado aproximadamente un 10 %, y un tercer anillo parcial puede atenuarse para dar como resultado aproximadamente un 3 % de la intensidad de las fuentes de luz que generan el punto de luz. Otro perfil escalonado puede ser, por ejemplo, un 100 % de intensidad para el conjunto seleccionado de fuentes de luz, operando el primer anillo parcial a aproximadamente un 25 % de intensidad y operando el segundo anillo parcial a aproximadamente un 5 % de intensidad. Opcionalmente, puede aplicarse gradualmente el mismo nivel de atenuación para fuentes de luz que sean parte de una parte final de la trayectoria seguida por el punto en movimiento, es decir, las fuentes de luz en la dirección opuesta radial a la dirección elegida. Por tanto, se permite que un cambio en la ubicación del punto de luz pueda mantenerse sustancialmente constante, es decir, sin diferencias sustanciales en un cambio de apariencia entre los puntos de luz generados cuando se cambia el conjunto dirigido de fuentes de luz a un conjunto de fuentes de luz colindante al conjunto de fuentes de luz dirigido previamente.

En una realización, la pluralidad de lentes refractivas comprende una primera lente refractiva dispuesta para recibir las respectivas salidas luminosas desde la matriz y al menos una lente refractiva adicional dispuesta para recibir la salida luminosa de la primera lente refractiva, teniendo dicha primera lente refractiva un cuerpo de lente delimitado al menos parcialmente por una superficie plana orientada hacia la matriz y una superficie convexa opuesta a la superficie plana, tendiendo dicho cuerpo de lente una altura máxima normal a la superficie plana de al menos el radio de la superficie plana. Dicho sistema óptico proporciona una generación particularmente eficiente del foco debido al alto poder de refracción y a la eficacia de captura de luz de la primera lente refractiva.

La al menos una lente refractiva adicional puede comprender una primera lente refractiva adicional y una segunda lente refractiva adicional dispuestas de modo que la primera lente refractiva adicional está situada entre la primera lente refractiva y la segunda lente refractiva adicional, siendo cada una de la primera lente refractiva adicional y la segunda lente refractiva adicional una lente de plano-convexa que tiene su superficie plana orientada hacia la matriz para controlar eficazmente la redirección angular de las salidas luminosas de los conjuntos de fuentes de luz de la matriz plana en la dirección del foco deseada.

En una realización preferida, el sistema óptico comprende además un difusor dispuesto aguas abajo de la primera lente refractiva, tal como entre la primera lente refractiva adicional y la segunda lente refractiva adicional. Dicho difusor

provoca un desenfoque del foco generado, desenfoque que puede ayudar a dar la apariencia de una transición suave del foco entre diferentes ubicaciones de proyección, particularmente en situaciones en las que la potencia de difusión del sistema óptico sin un difusor no es lo suficientemente grande para evitar que dichas transiciones sean observadas como transiciones discretas, que pueden ser estéticamente indeseables en los dominios de aplicación en los que dicha transición debe percibirse como un movimiento suave del foco a lo largo de una trayectoria deseada. Dicho desenfoque asegura además que, cuando se utilizan múltiples (conjuntos) fuentes de luz para generar un foco, el punto resultante aparecerá homogéneo. Eso permite, por ejemplo, un zoom suave. Como alternativa, al menos una de las superficies ópticas respectivas de la primera lente refractiva y la al menos una lente refractiva adicional está al menos parcialmente estructurada para difuminar dichas distribuciones luminosas a fin de obtener este desenfoque deseado.

No es necesario que la al menos una lente refractiva adicional comprende un par de lentes plano-convexas. Como alternativa, la al menos una lente refractiva adicional comprende una lente refractiva doble convexa que tiene una primera superficie convexa orientada hacia la primera lente refractiva y una segunda superficie convexa opuesta a la primera superficie convexa. Esto tiene la ventaja de incluso menos componentes ópticos en el dispositivo de iluminación.

En dicha lente refractiva doble convexa, una altura máxima de la primera superficie convexa es preferiblemente más pequeña que una altura máxima de la segunda superficie convexa cuando se mide desde un plano virtual que disecciona (es decir, entre) la primera superficie convexa y la segunda superficie convexa para maximizar la eficiencia óptica puesto que la superficie de curvatura más baja está orientada hacia la primera lente refractiva, morando de este modo su eficiencia de captura de luz.

En una realización, la primera lente refractiva tiene un primer diámetro y la al menos una lente refractiva adicional tiene un segundo diámetro más grande que el primer diámetro, siendo el primer diámetro más grande que un diámetro de la matriz. Esto asegura que sustancialmente toda la luz generada por los conjuntos respectivos de fuentes de luz es capturada por el sistema óptico.

En una realización adicional, al menos un poco de las superficies ópticas respectivas de la primera lente refractiva y la al menos una lente refractiva adicional están recubiertas con un recubrimiento antirreflectante. Dichos recubrimientos reducen las reflexiones de Fresnel en las interfases de las superficies de las lentes, mejorando de este modo la eficiencia óptica del sistema óptico.

En algunos escenarios, una distribución luminosa generada con un conjunto de fuentes de luz desplazadas axialmente en relación al eje óptico del sistema óptico (es decir, conjuntos descentrados de fuentes de luz) puede provocar la generación de una imagen fantasma por el sistema óptico cuando se forman imágenes de dicha distribución luminosa. Dichas imágenes fantasma son típicamente el resultado de reflexiones internas dentro de la primera lente refractiva en particular. En aplicaciones donde la generación de dicha fantasma puede ser estéticamente indeseable, el dispositivo de iluminación puede configurarse además para suprimir la generación de dicha imagen fantasma.

En una realización de ejemplo, al menos una parte central de la superficie convexa de la primera lente refractiva está cubierta con el recubrimiento antirreflectante, cubriendo dicha parte central al menos un 50 % de la superficie convexa. Se ha descubierto que dicho recubrimiento antirreflectante, por ejemplo un recubrimiento multicapa de materiales alternos con índices de refracción altos y bajos, puede causar una interferencia destructiva en los rayos de luz que se reflejan internamente dentro de la primera lente refractiva sin afectar significativamente a los rayos de luz que son reflejados por la lente. Esto además tiene la ventaja de suprimir las reflexiones de Fresnel en la interfase de la superficie convexa como se ha explicado previamente.

En otra realización de ejemplo, la altura máxima normal a la superficie plana de la primera lente refractiva es de 1,1 a 1,3 veces el radio de la superficie plana de esta lente. Esto hace que el punto focal de los rayos de luz que experimenta la reflexión de Fresnel se ubique considerablemente por encima de un plano virtual que comprende las fuentes de luz, lo que causa que la intensidad máxima de la imagen fantasma se reduzca significativamente en comparación con una primera lente refractiva semiesférica. En otras palabras, debido a que la imagen fantasma se extiende sobre un área más grande por dicha primera lente refractiva, la imagen fantasma se hace menos perceptible.

El dispositivo de iluminación puede comprender además al menos uno de una interfaz de usuario y un módulo de comunicación inalámbrica al que responde el controlador para facilitar el control del dispositivo de iluminación. Por ejemplo, en el caso de un módulo de comunicación inalámbrica al que responde el controlador, puede utilizarse un controlador remoto para comunicarse inalámbricamente con el dispositivo de iluminación a través del módulo de comunicación inalámbrica. Dicho controlador remoto puede ser un controlador remoto dedicado o un dispositivo electrónico configurado con una aplicación o similar para implementar la funcionalidad de control remoto en el dispositivo electrónico. Dicho dispositivo electrónico puede ser, por ejemplo, un dispositivo electrónico portátil, tal como un teléfono inteligente, una tableta, un ordenador portátil o similares, aunque debe entenderse que cualquier dispositivo electrónico está contemplado para este propósito.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se describen con mayor detalle y a modo de ejemplos no limitantes realizaciones de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo de iluminación de acuerdo con una realización;
- 5 La figura 2 representa esquemáticamente la funcionalidad óptica de un dispositivo de iluminación de acuerdo con una realización;
- La figura 3 es una gráfica que representa el ángulo entre un eje óptico del sistema óptico y la dirección en la cual se proyecta el foco por el dispositivo de iluminación de acuerdo con una realización en función de la posición de la fuente de luz;
- 10 La figura 4 es una gráfica que representa la eficiencia óptica del dispositivo de iluminación en función de la posición de la fuente de luz;
- La figura 5 representa esquemáticamente un dispositivo de iluminación de acuerdo con otra realización;
- La figura 6 representa gráficamente el efecto óptico del difusor en el dispositivo de iluminación de la figura 5;
- La figura 7 representa esquemáticamente un dispositivo de iluminación de acuerdo con otra realización más;
- 15 La figura 8 representa esquemáticamente un dispositivo de iluminación de acuerdo con otra realización más;
- La figura 9 representa esquemáticamente un artefacto óptico que puede generarse mediante un dispositivo de iluminación de acuerdo con al menos algunas realizaciones en ciertos escenarios;
- La figura 10 representa esquemáticamente la intensidad de este artefacto óptico en relación con la intensidad del foco generado con el dispositivo de iluminación;
- 20 La figura 11 representa esquemáticamente un aspecto de un dispositivo de iluminación de acuerdo con una realización adicional configurado para suprimir dichos artefactos ópticos;
- La figura 12 representa esquemáticamente un aspecto de un dispositivo de iluminación de acuerdo con una realización adicional más configurado para suprimir dichos artefactos ópticos;
- La figura 13 representa esquemáticamente la salida luminosa generada con un dispositivo de iluminación de acuerdo con otra realización adicional más configurado para enmascarar dichos artefactos ópticos; y
- 25 La figura 14 representa esquemáticamente la salida luminosa generada con un dispositivo de iluminación de acuerdo con otra realización adicional más configurado para enmascarar dichos artefactos ópticos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

- 30 Debe entenderse que las figuras son meramente esquemáticas y no están dibujadas a escala. Debe entenderse también que a lo largo de las figuras se utilizan los mismos números de referencia para indicar piezas iguales o similares.
- 35 La figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo de iluminación 1 de acuerdo con una realización de la presente invención. El dispositivo de iluminación 1 comprende una pluralidad de fuentes de luz 11 dispuestas en una matriz plana; en otras palabras, cada fuente de luz 11 está dispuesta para generar una distribución luminosa a lo largo de un eje óptico, en el que los ejes ópticos respectivos de las fuentes de luz 11 están alineados. En el contexto de la presente solicitud, debe entenderse que son aceptables pequeñas desviaciones desde una matriz perfectamente plana; por
- 40 ejemplo, la matriz puede estar ubicada sobre una superficie ligeramente curvada de modo que una propagación angular de los ángulos entre los respectivos ejes ópticos de las fuentes de luz 11 no exceda los 5°.
- Las fuentes de luz 11 son preferiblemente fuentes de luz de estado sólido, tales como LED. Las fuentes de luz 11 pueden ser fuentes de luz idénticas, por ejemplo luces LED de color blanco, o pueden ser fuentes de luz diferentes, por ejemplo LED de diferente color. Las fuentes de luz 11 pueden estar montadas en cualquier portador 10 adecuado, tal como una placa de circuito impreso o similares. Para este propósito puede utilizarse cualquier tipo adecuado de fuentes de luz 11. Cada fuente de luz 11 se controla, es decir, dirige, mediante un controlador 20. El controlador 20 puede tomar cualquier forma adecuada, tal como un controlador o microcontrolador dedicado o un procesador adecuado programado para implementar la funcionalidad del control. El controlador 20 puede adaptarse para enfocar individualmente cada fuente de luz 11 o puede adaptarse para dirigir grupos de fuentes de luz 11. En el contexto de la presente solicitud, ambos escenarios se denominarán como el controlador 20 que está adaptado para dirigir un conjunto de fuentes de luz 11, en el que el conjunto puede tener únicamente un solo miembro (es decir, el controlador 20 está adaptado para dirigir fuentes de luz 11 individuales) o en el que el conjunto puede tener múltiples miembros (es decir, el controlador 20 está adaptado para dirigir grupos de fuentes de luz 11). En una realización, las fuentes de luz 11 pueden estar dispuestas en grupos dentro de matriz, definiendo cada grupo un grupo de fuentes de luz 11 dispuesto para generar luz de diferentes colores. Las fuentes de luz 11 en cada grupo pueden reemplazarse, por ejemplo, dentro de una cámara de mezclado, por ejemplo una cámara de mezclado de color blanco, o puede colocarse bajo la guía de luz de mezcla, tal como un cuadrado de vidrio o una varilla de PMMA, para generar luz de una composición espectral deseada. En esta realización, el controlador 20 puede adaptarse para dirigir fuentes de luz 11 individuales dentro de grupos individuales, de modo que el controlador 20 puede cambiar el color de la luz generada por el grupo. En las realizaciones anteriores, la dirección de las fuentes de luz 11 con el controlador 20 puede incluir intercambiar las fuentes de luz 11 entre un estado de encendido y un estado de apagado y cambiar un nivel de atenuación de las fuentes de luz 11.
- 60 El controlador 20 responde a un receptor de instrucciones del usuario 30, dicho receptor de instrucciones del usuario 30 puede incluir al menos una interfaz de usuario en el dispositivo de iluminación 1 y un módulo de comunicación
- 65

inalámbrica para recibir inalámbricamente instrucciones del usuario desde un controlador remoto. La interfaz de usuario en el dispositivo de iluminación 1 puede tomar cualquier forma adecuada, por ejemplo una interfaz de pantalla táctil, uno o más diales, controles deslizantes, botones, conmutadores o similares, o cualquier combinación de los mismos. El módulo de comunicación inalámbrica puede tomar cualquier forma adecuada y puede configurarse para comunicarse con el controlador remoto utilizando cualquier protocolo de comunicación inalámbrica adecuado, tal como, por ejemplo, Bluetooth, Wi-Fi, un estándar de comunicación móvil, tal como UMTS, 3G, 4G, 5G o similares, un protocolo de comunicación de campo cercano, un protocolo de comunicación del propietario, etc. El controlador remoto puede ser un controlador remoto dedicado que, por ejemplo, se proporciona con el dispositivo de iluminación 1 o, como alternativa, puede ser cualquier dispositivo electrónico adecuado adaptado para la comunicación inalámbrica que puede configurarse para actuar como el controlador remoto, por ejemplo instalando una aplicación o un programa de software similar en el dispositivo electrónico, dicha aplicación o programa de software puede proporcionarse con el dispositivo de iluminación 1 o puede recibirse desde un repositorio accesible por red, tal como una tienda de aplicaciones en red, por ejemplo Internet. De esta manera, un usuario del dispositivo de iluminación 1 puede proporcionar instrucciones para ajustar dinámicamente la salida luminosa del dispositivo de iluminación 1, dichas instrucciones por el controlador 20 en las señales de dirección para dirigir los conjuntos seleccionados, es decir, uno o más conjuntos, de las fuentes de luz 11 para generar las salidas luminosas correspondientes a las instrucciones del usuario.

El dispositivo de iluminación 1 está adaptado para convertir las distribuciones luminosas de las fuentes de luz dirigidas 11 en un foco (es decir, un punto de luz) para proyección sobre una superficie, dicha superficie puede ser, por ejemplo, el suelo de una tienda, el escenario de un teatro o una sala de estar, un paso de peatones, un suelo, pared o techo de una habitación en una casa, etc. En una realización preferida, el dispositivo de iluminación 1 es un proyector de foco. El controlador 20 que responde al receptor de instrucciones del usuario 30 facilita el ajuste dinámico del foco en respuesta a las instrucciones recibidas del usuario (o en respuesta a un programa de ajuste preprogramado), de modo que el dispositivo de iluminación 1 puede crear un efecto de luz estéticamente agradable e interesante. Dicho ajuste dinámico puede incluir el desplazamiento del foco sobre la superficie sobre la cual se proyecta, aunque las realizaciones de la presente invención no se limitan a la migración del foco. Los ajustes del foco pueden incluir además el ajuste del color del foco, la forma del foco o cualquier combinación de estos ajustes, por ejemplo para atraer la atención de los observadores sobre el foco, por ejemplo compradores, visitantes de un espacio de exposición iluminado, tal como un museo, etc. Se indica además, para evitar dudas, que el dispositivo de iluminación 1 puede adaptarse para crear simultáneamente múltiples focos, siendo la posición de cada foco independientemente ajustable dinámicamente, como comprenderá fácilmente un experto en la materia.

Ventajosamente, el dispositivo de iluminación 1 no requiere ninguna parte de movimiento (motorizada) para implementar el ajuste dinámico del foco creado con el dispositivo de iluminación 1 mediante la dirección de los conjuntos de fuentes de luz 11 seleccionados con el controlador 20 como se ha explicado previamente. Esto se consigue mediante la provisión de un sistema óptico 100 común a todos los conjuntos de fuentes de luz 11, dicho sistema óptico 100 está dispuesto para recibir las distribuciones luminosas respectivas producidas por las fuentes de luz 11 y para dar forma a estas distribuciones luminosas respectivas en un foco que tiene una forma y posición determinadas por el conjunto o conjuntos específicos de fuentes de luz 11 dirigidos (habilitados) por el controlador 20. Más específicamente, el sistema óptico 100 está adaptado para proyectar el foco en una dirección angular relativa a su eje óptico 101 que es una función de la posición del conjunto dirigido de fuentes de luz 11 dentro de la matriz de fuentes de luz 11.

Para este fin, el sistema óptico 100 comprende una pluralidad de lentes refractivas que incluye una primera lente refractiva 110 dispuesta para recoger las respectivas distribuciones luminosas producidas por las fuentes de luz 11 y al menos una lente refractiva adicional 120 dispuesta para recoger la luz que sale de la primera lente refractiva 110. En la realización representada esquemáticamente en la figura 1, el sistema óptico 100 comprende tres lentes plano-convexas 110, 120, 130, teniendo cada una sus superficies de entrada de luz planas 111, 121, 131 orientadas hacia la matriz de fuentes de luz 11 y que tienen superficies de salida de luz convexas 113, 123, 133 opuestas a sus superficies de entrada de luz respectivas. Las lentes plano-convexas 110, 120, 130 son preferiblemente rotacionalmente simétricas alrededor de un eje óptico compartido 101 y cada una puede estar hecha de cualquier material adecuado, por ejemplo vidrio o un polímero de calidad óptica, tal como policarbonato, poli(metacrilato de metilo) (PMMA), tereftalato de polietileno, etc. Las lentes respectivas 110, 120, 130 pueden estar hechas del mismo material o de materiales diferentes, por ejemplo para ajustar el índice de refracción de las respectivas lentes 110, 120, 130.

Las lentes refractivas 110, 120, 130 están dispuestas típicamente para reducir el ángulo de dispersión del haz de las distribuciones luminosas respectivas generadas con las fuentes de luz 11, es decir, para aumentar el grado de colimación de estas distribuciones luminosas respectivas para convertir estas distribuciones luminosas en un haz de luz con un alto grado de colimación, de modo que la salida luminosa del sistema óptico 100 toma la forma de un foco cuando se proyecta en el campo lejano, es decir, a una distancia de varios órdenes de magnitud más grande que la longitud focal del sistema óptico 100, tal como, por ejemplo, a una distancia de 1 m, varios metros o más. Esto se explica con mayor detalle con la ayuda de la figura 2, en la que se representa esquemáticamente la función óptica según se implementa por el sistema óptico 100.

Como puede verse en la figura 2, el sistema óptico 100 forma imágenes de la distribución luminosa de las fuentes de luz 11 en función de la posición de la fuente de luz 11 relativa al eje óptico 101 del sistema óptico 100, según se ilustra mediante una primera fuente de luz 11 ubicada en el eje óptico 101 que tiene su distribución luminosa 12 conformada (colimada) a lo largo del eje óptico 101, estando una segunda fuente de luz 11' desplazada axialmente en relación al eje óptico 101 que tiene su distribución luminosa 12' conformada (colimada) bajo un ángulo distinto de cero con el eje óptico 101, siendo la magnitud de este ángulo una función de la cantidad de desplazamiento axial de la fuente de luz 11 relativa al eje óptico 101. La distribución luminosa 12 conduce a la proyección de un primer foco como se indica mediante la flecha sólida en el panel 103 a lo largo del eje óptico 101, mientras que la distribución luminosa 12' conduce a la proyección de un segundo según se indica mediante la flecha de puntos en el panel 103 que está desplazado axialmente en relación al eje óptico 101. El panel 105 representa las distribuciones de intensidad luminosa de los focos en el panel 103 respectivos. De esta manera, dirigiendo conjuntos de luz de fuentes de luz 11 en base a su posición en la matriz relativa al eje óptico 101, puede controlarse la dirección de proyección del foco generado con el sistema óptico 100.

La primera lente refractiva 110 tiene preferiblemente una altura H1 de al menos 0,9 veces su radio r1, para conseguir un poder refractivo suficientemente alto de esta primera lente refractiva. En una realización, la altura H1 es igual al radio r1, es decir, la primera lente refractiva 110 es una lente hemisférica. Si la altura H1 fuera inferior a 0,9 veces el radio r1, el poder refractivo de la primera lente refractiva 110 disminuiría, poniendo de este modo mayores demandas en el poder refractivo de las lentes aguas abajo del sistema óptico 100, lo que requeriría un aumento en el tamaño de las lentes aguas abajo, aumentando así el tamaño global del sistema óptico 100 y reduciendo su eficiencia. En una realización preferida, la altura H1 no excede 1,3 veces el radio r1 para limitar la cantidad de reflexión interna dentro de la primera lente refractiva 110, dicha reflexión interna reduce la eficiencia óptica de las lentes.

La primera lente refractiva 110 tiene preferiblemente un diámetro ($2 \cdot r1$) que es mayor que el diámetro o la sección transversal más grande de la matriz de fuentes de luz 11, de modo que la primera lente refractiva 110 puede recoger sustancialmente toda la luz emitida por las fuentes de luz 11 independientemente de la posición de las fuentes de luz 11 dentro de la matriz. Por esta razón, la superficie de entrada de luz plana 111 de la primera lente refractiva 110 está ubicada preferiblemente tan próxima como es posible a la matriz de fuentes de luz 11 para maximizar la eficiencia óptica del sistema óptico 100, aunque puede haber presente un pequeño hueco entre la superficie de entrada de luz plana 111 de la primera lente refractiva 110 y la matriz de fuentes de luz 11, por ejemplo un hueco de aproximadamente 1 mm. Preferiblemente este hueco no excede el paso de las fuentes de luz 11 en la matriz y, más preferiblemente, es menor o igual a la mitad de este paso.

Debido al hecho de que la distribución de luz que sale de la primera lente refractiva 110 a través de su superficie de salida de luz convexa 113 todavía es divergente (aunque en un menor grado que la distribución luminosa de la luz producida por las fuentes de luz 11), la una o más lentes refractivas 120, 130 tienen un diámetro más grande que la primera lente refractiva 110 para recolectar sustancialmente toda la luz que sale de la primera lente refractiva 110. La primera lente refractiva adicional 120 puede separarse de la primera lente refractiva 110 por un espacio o hueco que tiene una dimensión D, cuya dimensión D puede basarse en el radio r1 de la primera lente refractiva 110. Por ejemplo, la dimensión D puede ser hasta aproximadamente $0,30 \cdot r1$, por ejemplo un espacio o hueco en el intervalo de aproximadamente 6-8 mm para una primera lente refractiva 110 que tiene un radio r1 de 30 mm, aunque alternativamente este espacio o hueco puede estar ausente, es decir, la superficie de entrada de luz 121 de la primera lente refractiva adicional 120 puede estar en contacto con la superficie de salida de luz 113 de la primera lente refractiva 110. Las lentes respectivas del sistema óptico 100 esféricas o asféricas. Las respectivas lentes H2, H3 de la primera lente refractiva adicional 120 y, si está presente, la segunda lente refractiva adicional 130 pueden optimizarse de acuerdo con la posición de estas lentes dentro del sistema óptico 100 y la función óptica deseada del sistema óptico 100 como comprenderá fácilmente la persona experta.

La resolución espacial de la matriz de fuentes de luz 11 se determina mediante el paso de las fuentes de luz 11 en la matriz. Esta resolución espacial está asociada con la resolución angular, es decir, "paso angular", en la distribución de luz final según se determina por el sistema óptico 100. En este contexto, "paso angular" indica la diferencia angular entre la dirección de la luz central final de una fuente de luz 11 después de la formación de imágenes por el sistema óptico 100 como se ha explicado previamente y la dirección de la luz central final de una fuente de luz 11 colindante en la matriz. Preferiblemente, este paso angular es aproximadamente constante a lo largo de todo el intervalo angular total del dispositivo de iluminación 1, como se representa esquemáticamente en la figura 3, que representa el ángulo entre el eje óptico 101 y la dirección de la luz central final de una fuente de luz 11 como una función del desplazamiento axial (en mm) de la fuente de luz 11 relativo al eje óptico 101. En otras palabras, el paso angular en el eje óptico del foco 12 es aproximadamente el mismo que el paso angular en el intervalo angular externo del punto según se ilustra en la figura 3.

La figura 4 representa la eficiencia óptica (%) de los focos generados como una función del desplazamiento axial (en mm) de la fuente de luz 11 relativa al eje óptico 101, que demuestra que la intensidad de foco relativamente constante puede generarse a través de un amplio intervalo de desplazamientos axiales de las fuentes de luz 11 en relación al eje óptico 101.

Para hacer posible un movimiento aparente suave (no discreto) de un foco 12, el desenfoque angular del sistema

óptico 100 debe tener un ángulo de difusión mayor que el paso angular generado por el sistema óptico 100. En otras palabras, controlando inteligentemente la intensidad de las fuentes de luz 11, es posible generar un haz con una intensidad máxima ubicada entre componentes de haz individuales, por los que los componentes individuales no son distinguibles, por ejemplo cuando se desplaza dinámicamente el foco 12 a lo largo de una trayectoria específica. Otra forma de ver esto es que debería haber suficiente solapamiento entre los focos que se originan desde fuentes de luz 11 colindantes en la matriz de modo que el direccionamiento secuencial de dichas fuentes de luz 11 colindantes da la apariencia de un foco 12 que transiciona suavemente a través de una superficie sobre la cual se proyecta este foco.

Esto puede expresarse como una fórmula de la siguiente manera. Si el aumento angular A del sistema óptico 100 es aproximadamente constante, el sistema óptico 100 formará una imagen de una fuente de luz con un desplazamiento axial r desde el eje óptico 101 bajo un ángulo θ , o:

$$\theta = A \cdot r$$

Si p es el paso espacial de la matriz de fuentes de luz 11, esto se traduce en un paso angular θ_p :

$$\theta_p = A \cdot p$$

El desenfoque angular (difusión) Φ_{diff} del sistema óptico 100 debe ser mayor que este paso angular para crear el solapamiento deseado entre focos de fuentes de luz 11 colindantes en la matriz:

$$\Phi_{diff} > A \cdot p$$

Nótese que esto asocia claramente el paso espacial p de la matriz de fuentes de luz 11 con la difusión requerida. El desenfoque angular del sistema óptico 100 se determina mediante sus elementos ópticos constituyentes, por ejemplo lentes refractivas 110, 120, 130 y por el tamaño (dimensión) de las fuentes de luz 11, puesto que tamaños de píxel más grandes dan como resultado un desenfoque mayor, como entenderá fácilmente la persona experta.

El sistema óptico 100 puede comprender uno o más elementos para introducir un desenfoque adicional de las distribuciones luminosas respectivas de las fuentes de luz 11 representadas por el sistema óptico 100. Por ejemplo, al menos algunas de las superficies de entradas de luz y las superficies de salida de luz de las respectivas lentes refractivas 110, 120, 130, pueden estructurarse, por ejemplo facetarse o texturizarse, para introducir dicho desenfoque en el sistema óptico 100. Como alternativa, como se representa esquemáticamente en la figura 5, el sistema óptico 100 puede incluir un difusor 140, ubicado aquí entre la primera lente refractiva adicional 120 y la segunda lente refractiva adicional 130 para introducir dicho desenfoque. Debe entenderse que dicho difusor 140 puede estar ubicado en cualquier ubicación adecuada dentro del sistema óptico 100, por ejemplo entre la primera lente refractiva 110 y la primera lente refractiva adicional 120 o aguas abajo desde la segunda lente refractiva adicional 130. Para este propósito puede usarse cualquier difusor adecuado 140. El sistema óptico 100 puede comprender múltiples difusores 140, cada uno de los cuales puede estar ubicado en cualquier ubicación adecuada aguas abajo de la primera lente refractiva 110 como se ha explicado anteriormente. A fines de exhaustividad, se entenderá fácilmente que el término "aguas abajo" se utiliza en relación con la dirección de la luz emitida por las fuentes de luz 11, es decir, equivale a "a una distancia aumentada desde las fuentes de luz 11".

El efecto de dicho desenfoque según se introduce por una o más superficies estructuradas se representa esquemáticamente en la figura 6, que representa un caso en 2D con cuatro fuentes de luz angulares 11 con un paso angular de 5° sin medidas adicionales de desenfoque (panel superior) y con medidas de adicionales de desenfoque (panel inferior) en el sistema óptico 100. Como puede verse en el panel superior, la difusión angular Φ_{diff} del sistema óptico 100 es insuficiente para crear una envolvente efectiva alrededor de las intensidades luminosas máximas de los focos individuales 12, de modo que el cambio entre estos focos se ve como un movimiento discreto, mientras que la difusión angular aumentada Φ_{diff} del sistema óptico 100 en el panel inferior introducido por las medidas de desenfoque hace que los componentes individuales o píxeles sean indistinguibles, de modo que cambio entre los focos colindantes se observa como un movimiento continuo en este escenario. De un modo similar, como se ha explicado previamente, dicho desenfoque también asegura que un foco formado por múltiples fuentes de luz 11 separadas espacialmente tenga una apariencia homogénea que, por ejemplo, facilita un zoom continuo del foco cambiando el número de fuentes de luz 11 habilitadas para formar el foco, por ejemplo inhabilitando o habilitando fuentes de luz 11 que definen la periferia del foco.

En este punto, se observa que el sistema óptico 100 no está necesariamente limitado a un sistema de tres lentes plano-convexas. Por ejemplo, como se representa esquemáticamente en la figura 7, la primera lente refractiva 120 plano-convexa adicional y la segunda lente refractiva 130 plano-convexa adicional pueden combinarse en una sola lente refractiva 120 que tiene superficies convexas opuestas 121 y 123, es decir, la única lente refractiva 120 puede ser una lente doble-convexa, reduciendo de este modo adicionalmente el número de componentes ópticos del sistema óptico 100. Opcionalmente, una sección cilíndrica 127 puede estar presente entre las dos superficies convexas 121, 123 para ilustrar que la lente refractiva 120 puede tener cualquier forma adecuada. Por ejemplo, la única lente refractiva

120 puede ser esférica o asférica. La altura H2 de la superficie de entrada de luz convexa 121 de la lente refractiva 120 puede ser más pequeña que la altura H3 de la superficie de salida de luz convexa 123 de la lente refractiva 120 para conseguir el rendimiento óptico deseado de la lente refractiva 120.

De un modo similar, la primera lente refractiva 110 puede no ser hemisférica pero puede tener una altura H1 que exceda su radio r1, por ejemplo ajustando la curvatura de la superficie de salida de luz convexa 113 o añadiendo una sección cilíndrica (no mostrada) a la superficie de entrada de luz plana 111. Como se explicará con mayor detalle más adelante, en ciertos escenarios, una primera lente refractiva 110 diseñada de modo que $H1 > r1$ puede ser ventajosa en términos de supresión de imágenes fantasma. Otras variaciones de diseño para el sistema óptico 100 se harán inmediatamente evidentes para la persona experta. Por ejemplo, las respectivas superficies de entrada de luz de las respectivas lentes, tales como la primera lente refractiva 110, pueden estar ligeramente curvadas en lugar de ser planas, aunque esto no es particularmente preferido para la primera lente refractiva 110 puesto que esto aumentaría la distancia entre la superficie de entrada de luz 111 y las fuentes de luz 11 más externas en la matriz de las fuentes de luz 11, que puede reducir la eficiencia óptica del sistema óptico 100 debido al hecho de que una parte más pequeña de la distribución luminosa de dichas fuentes de luz 11 más externas es recolectada por la primera lente refractiva 110.

Otro ejemplo de modificación del sistema óptico 100 se representa esquemáticamente en la figura 8, en la que la primera lente refractiva 110 comprende un borde inclinado o truncado 116 entre la superficie de entrada de luz 111 y la superficie de salida de luz convexa 113 para reducir la cantidad de material en la primera lente refractiva 110, reduciendo de este modo su coste de fabricación. Dicho borde truncado 116 puede ayudar adicionalmente a la liberación de la primera lente refractiva 110 de un molde o similar en el que se fabrique la lente. Dicho truncamiento puede realizarse sin impactar negativamente al rendimiento óptico de la primera lente refractiva 110 dado que la región del borde de esta lente no es ópticamente activa dentro del sistema óptico 100.

En las realizaciones descritas anteriormente del dispositivo de iluminación 1 y el sistema óptico 100 en particular, será evidente que las respectivas distribuciones luminosas de las fuentes de luz 11 atraviesan varias interfases entre medios de diferentes índices de refracción (por ejemplo interfaces de material-aire de la lente), que pueden dar como resultado pérdidas ópticas debido a reflexiones de Fresnel en estas interfaces. Dichas pérdidas ópticas pueden reducirse mediante la aplicación de un recubrimiento antirreflectante en al menos alguna de las superficies ópticas respectivas del sistema óptico 100 en dichos interfaces, por ejemplo las superficies ópticas respectivas de la primera lente refractiva 110 y la al menos una lente refractiva adicional 120, 130. Dicho recubrimiento antirreflectante es preferiblemente al menos antirreflectante en el rango de longitud de onda visible, por ejemplo en un rango de 400-700 nm.

Donde la primera lente refractiva 110 del sistema óptico 100 tiene una superficie de salida de luz 113 esférica, las reflexiones de Fresnel en esta superficie pueden provocar la generación de una imagen fantasma en la salida luminosa del dispositivo de iluminación 1 cuando se dirigen fuentes de luz 11 que están desplazadas axialmente en relación al eje óptico 101 del sistema óptico 100. Esto se representa esquemáticamente en la figura 9, donde un foco 13 generado bajo un ángulo distinto de cero con el eje óptico 101 como se ha explicado previamente y proyectado sobre una superficie 3 puede provocar la proyección de una imagen fantasma 15 en una ubicación reflejada con relación al eje óptico 101 en la superficie 3, es decir, una imagen fantasma 15 proyectada bajo un ángulo de proyección reflejado en un espejo en comparación con el ángulo de proyección del foco 13. Esto puede entenderse porque estas reflexiones de Fresnel se reflejan de nuevo hacia la matriz de fuentes de luz 11, donde estas reflexiones se reflejan de nuevo hacia la primera lente refractiva 110 y/o estas reflexiones causan la generación de una fuente de luz secundaria por excitación de una capa de fósforo de una fuente de luz 11 sobre la cual inciden las reflexiones, haciendo que esta fuente de luz secundaria sea captada por la primera lente refractiva 110, dando lugar de este modo a la imagen fantasma 15. Como se representa esquemáticamente en la figura 10, aunque dicha una imagen fantasma 15 tiene una intensidad luminosa mucho menor que el foco primario 13, por ejemplo una intensidad luminosa del 1 % o menos del foco primario 13 dependiendo del desplazamiento axial de la fuente de luz 11 activada relativa al eje óptico 101, dicha imagen fantasma 15 puede, sin embargo, hacerse llamativa en particular cuando el foco 13 está siendo movido por un direccionamiento inteligente de los conjuntos de fuentes de luz 11 como se ha explicado previamente. Esto es altamente indeseable desde un punto de vista estético, puesto que puede desviar la atención de la región pretendida de la superficie 3 iluminada por el 13. Por lo tanto, es deseable suprimir o eliminar dichas reflexiones de Fresnel o, como alternativa, oscurecer la imagen fantasma 15.

En una primera realización, dichas reflexiones de Fresnel pueden suprimirse dando forma a la primera lente refractiva 110 de modo que las lentes tengan una tapa esférica como la definida por la superficie de salida de luz convexa 113 que tiene una altura H1 en el intervalo de 1,1 a 1,3 veces la proporción de la tapa esférica en el plano horizontal, por ejemplo el radio r1. Preferentemente, la proporción entre H1 y el radio de tapa esférica es 1,1333. Como se ha explicado previamente, esta forma de la primera lente refractiva 110 puede conseguirse alternando la curvatura de la superficie de salida de luz convexa 113 o mediante la adición de un segmento cilíndrico debajo de la tapa esférica. Dar forma a la primera lente refractiva 110 de esta manera hace que el punto focal de los rayos de luz reflejados de Fresnel en la interfase entre la superficie de salida de luz convexa 113 y el aire esté situado sustancialmente por encima de la matriz de las fuentes de luz 11, por lo que no son captadas por la matriz en un área concentrada. En consecuencia, la imagen fantasma 15 se difumina sobre una área mayor con una intensidad luminosa máxima

(luminancia) reducida y un declive suave de la imagen fantasma 15 en su perímetro, de modo que la imagen fantasma 15 se hace considerablemente menos notoria.

Como alternativa o adicionalmente, un área de al menos el 50 % del área total de la superficie de salida de luz convexa 113 de la primera lente refractiva 110, área que está centrada en torno al eje óptico 101, está recubierta con un recubrimiento antirreflectante 117 como se representa esquemáticamente en la figura 11 para suprimir la aparición de dichas reflexiones de Fresnel. Preferentemente, el recubrimiento antirreflectante 117 cubre un área de al menos el 75 % del área total de la superficie de salida de luz convexa 113 y, más preferentemente, cubre toda el área de la superficie de salida de luz convexa 113. El recubrimiento antirreflectante 117 puede ser un recubrimiento de interferencia de una sola capa, un recubrimiento antirreflectante de índice de gradiente, un recubrimiento antirreflectante nanoestructurado, tal como un recubrimiento de ojo de polilla, etc. Para este propósito puede utilizarse cualquier recubrimiento antirreflectante 117 adecuado. Preferentemente, el recubrimiento antirreflectante 117 es activo a lo largo de un amplio rango espectral, tal como el espectro visible que se extiende desde los 400 nm hasta los 700 nm. Para este fin, el recubrimiento antirreflectante 117 puede ser un recubrimiento multicapa como se representa esquemáticamente en la figura 12. Dicho recubrimiento antirreflectante multicapa 117 comprende típicamente un apilamiento de capas alternas de capas de material de bajo índice de refracción 117' y capas de material de alto índice de refracción 117" como es bien conocido de por sí. Nótese que un recubrimiento antirreflectante 117 (no absorbente) también mejora la eficiencia óptica del sistema óptico 100 puesto que se reducen las pérdidas debidas a las reflexiones de Fresnel.

En una realización adicional, que puede combinarse con cualquier otra de las realizaciones para suprimir la detectabilidad de la imagen fantasma explicada anteriormente, si así se desea, el controlador 20 está adaptado para calcular una ubicación y una luminancia (máxima) de la imagen fantasma 15 que resulta de la sección de uno o más conjuntos seleccionados de fuentes de luz 11 (desplazadas axialmente) para generar el foco 13. El controlador 20 puede calcular la ubicación y la luminancia (máxima) de la imagen fantasma 15 a partir de las instrucciones de control recibidas a través del receptor de instrucciones del usuario 30 usando un conocimiento a priori del comportamiento óptico del dispositivo de iluminación 1 y el sistema óptico 100 en particular, conocimiento que puede programarse, por ejemplo, en el controlador 20, por ejemplo el controlador 20 puede almacenar resultados de simulación del comportamiento óptico del sistema óptico 100, cuyos resultados de simulación indican la ubicación aproximada y la luminancia máxima de la imagen fantasma 15 que resulta de un conjunto particular de fuentes de luz 11 que se están dirigiendo. En lugar de utilizar resultados simulados, pueden utilizarse resultados medidos realmente, resultados medidos que pueden obtenerse, por ejemplo, durante la calibración de fábrica del dispositivo de iluminación 1. Como alternativa, la ubicación aproximada y la luminancia máxima de la imagen fantasma 15 pueden ser calculadas por el controlador 20 en tiempo real basándose en un modelo del comportamiento óptico del sistema óptico 100.

El controlador 20 también está adaptado para mapear posteriormente la ubicación obtenida y la luminancia máxima de la imagen fantasma 15 en la matriz de fuentes de luz 11 para determinar qué fuentes de luz 11, al ser dirigidas por el controlador 20, causarían que la ubicación de la imagen fantasma 15 se iluminara al menos parcialmente por dichas fuentes de luz 11. El controlador 20 está adaptado además para dirigir una selección de conjuntos de fuentes de luz 11 a fin de generar una región de iluminación de fondo 17 para el foco 13 como se representa esquemáticamente en la figura 13, que representa esquemáticamente la luminancia a través de la superficie 3 sobre la cual se proyectan el foco 13 y la imagen fantasma 15. La iluminación de fondo 17 tiene una luminancia que iguala aproximadamente a la luminancia máxima de la imagen fantasma 15, que puede conseguirse por medio del controlador 20 que controla un nivel de atenuación del conjunto seleccionado de fuentes de luz 11 para generar la iluminación de fondo 17. Como será evidente para la persona experta, el conjunto seleccionado de fuentes de luz 11 para generar la iluminación de fondo 17 excluye típicamente las fuentes de luz 11 dirigidas por el controlador 20 para generar el foco 13, puesto que las fuentes de luz 11 al ser dirigidas por el controlador 20 provocarían que la ubicación de la imagen fantasma 15 fuera iluminada al menos parcialmente por dichas fuentes de luz 11, de modo que la iluminación de fondo envuelve la imagen fantasma 15, es decir, la luminancia a través la región de la superficie 3 sobre la cual se crea la iluminación de fondo y la región de la superficie 3 sobre la cual se proyecta la imagen fantasma 15 permanece relativamente constante como se representa esquemáticamente mediante el nivel de luminancia 19, oscureciendo de este modo la imagen fantasma 15.

En la realización anterior, la iluminación de fondo 17 se extiende a lo largo de todo el rango angular del dispositivo de iluminación 1, es decir, todas las fuentes de luz 11 a excepción de las fuentes de luz 11 que, cuando son dirigidas por el controlador 20 causarían que la ubicación de la imagen fantasma 15 se iluminara al menos parcialmente, son dirigidas por el controlador 20 para generar tanto el foco 13 como la iluminación de fondo 17. Sin embargo, en una realización alternativa representada esquemáticamente en la figura 14, la iluminación de fondo 17 se limita a un área centrada alrededor de la ubicación de la imagen fantasma 15, en la que la luminancia de la combinación de la iluminación de fondo 17 y la imagen fantasma 15 disminuye gradualmente en la dirección radial alejándose del centro de la imagen fantasma 15. Esta reducción gradual en la intensidad luminosa da efectivamente como resultado un efecto de luz combinada con el contraste espacial reducida con respecto al fondo, es decir, la superficie 3, oscureciendo de este modo la imagen fantasma 15. Además, en la figura 14 se muestra que se obtiene una intensidad máxima en la salida del lúmenes del 100 % a partir de un conjunto seleccionado de LED para generar el punto de luz. Los LED en torno al conjunto seleccionado de LED funcionan a un nivel de atenuación, es decir, los LED en la dirección seleccionada y en la dirección de seguimiento, cuyo nivel de atenuación aumenta gradualmente en la dirección radial

alejándose del centro 14 de dicho conjunto seleccionado, en particular, un primer anillo parcial de LED directamente adyacente a dicho conjunto seleccionado de LED funciona a un nivel de atenuación que da como resultado un área 13a que tiene una salida de lúmenes de aproximadamente el 30 %, un segundo anillo parcial de LED funciona a un más atenuado que da como resultado un área 13b que tiene una salida de lúmenes de aproximadamente el 10 %, y un tercer anillo parcial de LED funciona a un nivel incluso más atenuado que da como resultado un área 13c que tiene una salida de lúmenes de aproximadamente el 3 % en el punto de luz proyectado.

En una realización más avanzada, un sistema interconectado de múltiples dispositivos de iluminación 1 puede acoplarse a, o puede comprender, un dispositivo de retroalimentación óptica, tal como una cámara o similar, dispuesto para observar la superficie 3 sobre la cual va a proyectarse el punto de luz 13. En esta realización, los controladores 20 pueden adaptarse para evaluar la imagen obtenida con el dispositivo de retroalimentación óptica para determinar la ubicación y la intensidad de la imagen fantasma 15 sobre la superficie 3 resultante de la generación de un foco 13 con uno de los dispositivos de iluminación 1. Esto puede utilizarse, por ejemplo, para generar la iluminación de fondo 17 con al menos alguno de los otros dispositivos de iluminación 1, lo que tiene la ventaja de un control mejorado sobre la intensidad de la iluminación de fondo 17, en particular minimizando la intensidad de esta iluminación de fondo 17, que puede ser difícil de conseguir cuando se genera la iluminación de fondo 17 con el dispositivo de iluminación 1 responsable de la generación de la imagen fantasma 15 debido al solapamiento entre puntos de fuentes de luz 11 colindantes dentro de la matriz de fuentes de luz 11 de un solo dispositivo de iluminación 1.

El controlador 20 puede adaptarse para generar continuamente la iluminación de fondo 17 o, como alternativa, puede adaptarse para generar la iluminación de fondo 17 en respuesta a una instrucción del usuario para mover el foco 13, puesto que durante dicho movimiento, la presencia de la imagen fantasma 15 se hace más notoria. Para este fin, el ejemplo del controlador 24 puede aumentar suavemente el nivel de iluminación de fondo de 0 a una luminancia deseada cuando el controlador 20 recibe la instrucción del usuario y disminuir (atenuar) suavemente (gradualmente) la luminancia de nuevo a 0 cuando el foco 13 se mueve a su nueva ubicación según lo especificado por instrucción recibida por el usuario.

Cabe señalar que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran en lugar de limitar la invención, y que los expertos en la materia serán capaces de diseñar muchas realizaciones alternativas sin alejarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, cualquiera de los signos de referencia colocados entre paréntesis no se interpretará como que limita la reivindicación. La expresión "que comprende" no excluye la presencia de elementos o etapas distintas de las listadas en una reivindicación. La palabra "un" o "una" que precede a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de dichos elementos. La invención puede implementarse por medio que un hardware que comprende varios elementos distintos. En la reivindicación del dispositivo que enumera varios medios, varios de estos medios pueden ser realizados por un mismo elemento de hardware. El mero hecho de que determinadas medidas se enumeren en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que no pueda utilizarse ventajosamente esa combinación de estas medidas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de iluminación (1) para generar un foco ajustable dinámicamente, que comprende:

- 5 una matriz plana de conjuntos de fuentes de luz dirigibles individualmente (11), comprendiendo cada conjunto al menos una fuente de luz, estando dispuesta cada una de dichas fuentes de luz para producir una distribución luminosa; un controlador (20) dispuesto para enfocar individualmente dichos conjuntos de fuentes de luz; y un sistema óptico (100) que comprende una pluralidad de lentes refractivas (110, 120, 130) comunes a las fuentes de luz dirigibles individualmente y dispuestas secuencialmente a lo largo de un eje óptico (101) común para dar forma a la distribución luminosa de cada conjunto de fuentes de luz en un foco (13) y proyectar dicho foco en una dirección angular que es una función de una posición de dicho conjunto en la matriz, en el que el sistema óptico (100) está dispuesto para cambiar las direcciones angulares respectivas de focos móviles proyectados (13) generados a partir de distribuciones luminosas de fuentes de luz colindantes diferentes (11) de una manera constante caracterizado por que el controlador (20) está adaptado para calcular una ubicación y luminancia de una imagen fantasma (15) de un conjunto seleccionado de fuentes de luz (11) para generar un foco (13) y para controlar conjuntos adicionales de fuentes de luz de la matriz para generar una región de iluminación de fondo (17) para dicho que envuelve la imagen fantasma de modo que la combinación de la región y la imagen fantasma tenga una luminancia definida.
- 10 2. El dispositivo de iluminación (1), según la reivindicación 1, en el que durante el funcionamiento del dispositivo de iluminación, un conjunto seleccionado de fuentes de luz para generar un punto de luz tiene fuentes de luz adyacentes centradas alrededor de dicho conjunto seleccionado que funcionan a un nivel de atenuación cuyo nivel de atenuación aumenta gradualmente en la dirección radial alejándose del centro (14) de dicho conjunto seleccionado.
- 25 3. El dispositivo de iluminación (1), según la reivindicación 1 o 2, en el que la pluralidad de lentes refractivas (110, 120, 130) comprende una primera lente refractiva (110) dispuesta para recibir las respectivas salidas luminosas desde la matriz y al menos una lente refractiva adicional (120, 130) dispuesta para recibir la salida luminosa de la primera lente refractiva, teniendo dicha primera lente refractiva un cuerpo de lentes (115) delimitado al menos parcialmente por una superficie plana (111) orientada hacia la matriz y una superficie convexa (113) opuesta a la superficie plana, teniendo dicho cuerpo de lentes una altura máxima (H1) normal a la superficie plana de al menos el radio (r1) de la superficie plana.
- 30 4. El dispositivo de iluminación (1), según la reivindicación 3, en el que la al menos una lente refractiva adicional (120, 130) comprende una primera lente refractiva adicional (120) y una segunda lente refractiva adicional (130) dispuesta de manera que la primera lente refractiva adicional está situada entre la primera lente refractiva (110) y la segunda lente refractiva adicional, siendo cada una de la primera lente refractiva adicional y la segunda lente refractiva adicional lentes plano-convexas que tienen su superficie plana (121, 131) orientada a la matriz.
- 35 5. El dispositivo de iluminación (1), según la reivindicación 4, en el que el sistema óptico comprende además un difusor (140) dispuesto aguas abajo de la primera lente refractiva (110).
- 40 6. El dispositivo de iluminación (1), según la reivindicación 3 o 4, en el que la al menos una lente refractiva adicional (120) comprende una lente refractiva doble convexa que tiene una primera superficie convexa (121) orientada hacia la primera lente refractiva (11) y una segunda superficie convexa (123) opuesta a la primera superficie convexa.
- 45 7. El dispositivo de iluminación (1), según la reivindicación 6, en el que una altura máxima (H2) de la primera superficie convexa (121) es más que pequeña que una altura máxima (H3) de la segunda superficie convexa (123).
- 50 8. El dispositivo de iluminación (1), según cualquiera de las reivindicaciones 3-7, en el que la primera lente refractiva (110) tiene un primer diámetro y la al menos una lente refractiva adicional (120, 130) tiene un segundo diámetro más grande que el primer diámetro, siendo el primer diámetro más grande que un diámetro de la matriz.
- 55 9. El dispositivo de iluminación (1), según cualquiera de las reivindicaciones 3-8, en el que al menos una de las superficies ópticas respectivas (111, 113, 121, 123, 131, 133) de la primera lente refractiva (110) y la al menos una lente refractiva adicional (120, 130) está estructurada al menos parcialmente para difuminar dichas distribuciones luminosas.
- 60 10. El dispositivo de iluminación (1), según cualquiera de las reivindicaciones 3-9, en el que al menos algunas de las superficies ópticas respectivas (111, 113, 121, 123, 131, 133) de la primera lente refractiva y la al menos una lente refractiva adicional están recubiertas con un recubrimiento antirreflectante (117, 117').
- 65 11. El dispositivo de iluminación (1), según la reivindicación 10, en el que al menos una parte central de la superficie convexa (113) de la primera lente refractiva (110) está cubierta con el recubrimiento antirreflectante (117, 117'), cubriendo dicha parte central al menos el 50 % de la superficie convexa.
12. El dispositivo de iluminación (1), según cualquiera de las reivindicaciones 3-11, en el que la altura máxima (H1) normal a la superficie plana (111) de 1,1 a 1,3 veces el radio (r1) de la superficie plana.

13. El dispositivo de iluminación (1), según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en el que la luminancia definida es una luminancia constante o una luminancia que disminuye radialmente en una dirección alejándose de la imagen fantasma (15).

5 14. El dispositivo de iluminación (1), según cualquiera de las reivindicaciones 1-13, que comprende además al menos una interfaz de usuario y un módulo de comunicación inalámbrica (30) al que responde el controlador (20).

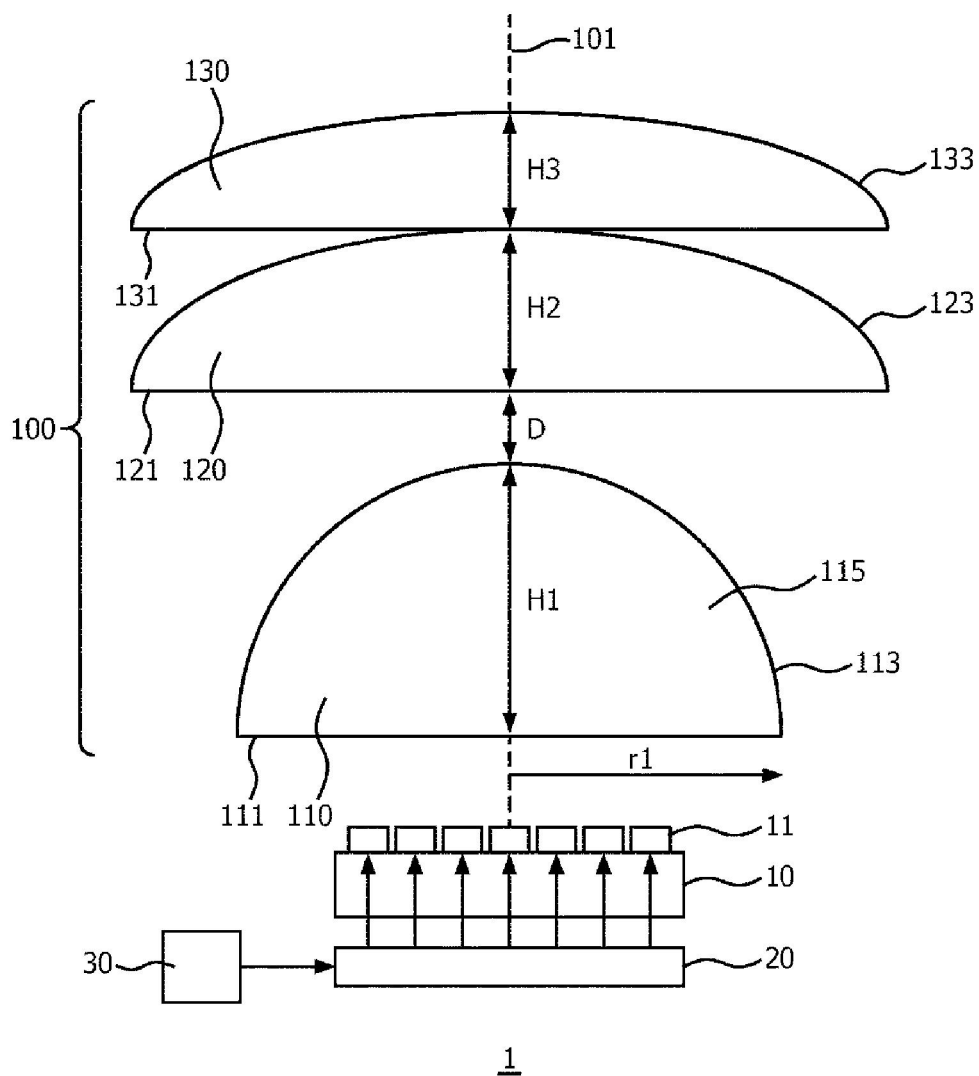


FIG. 1

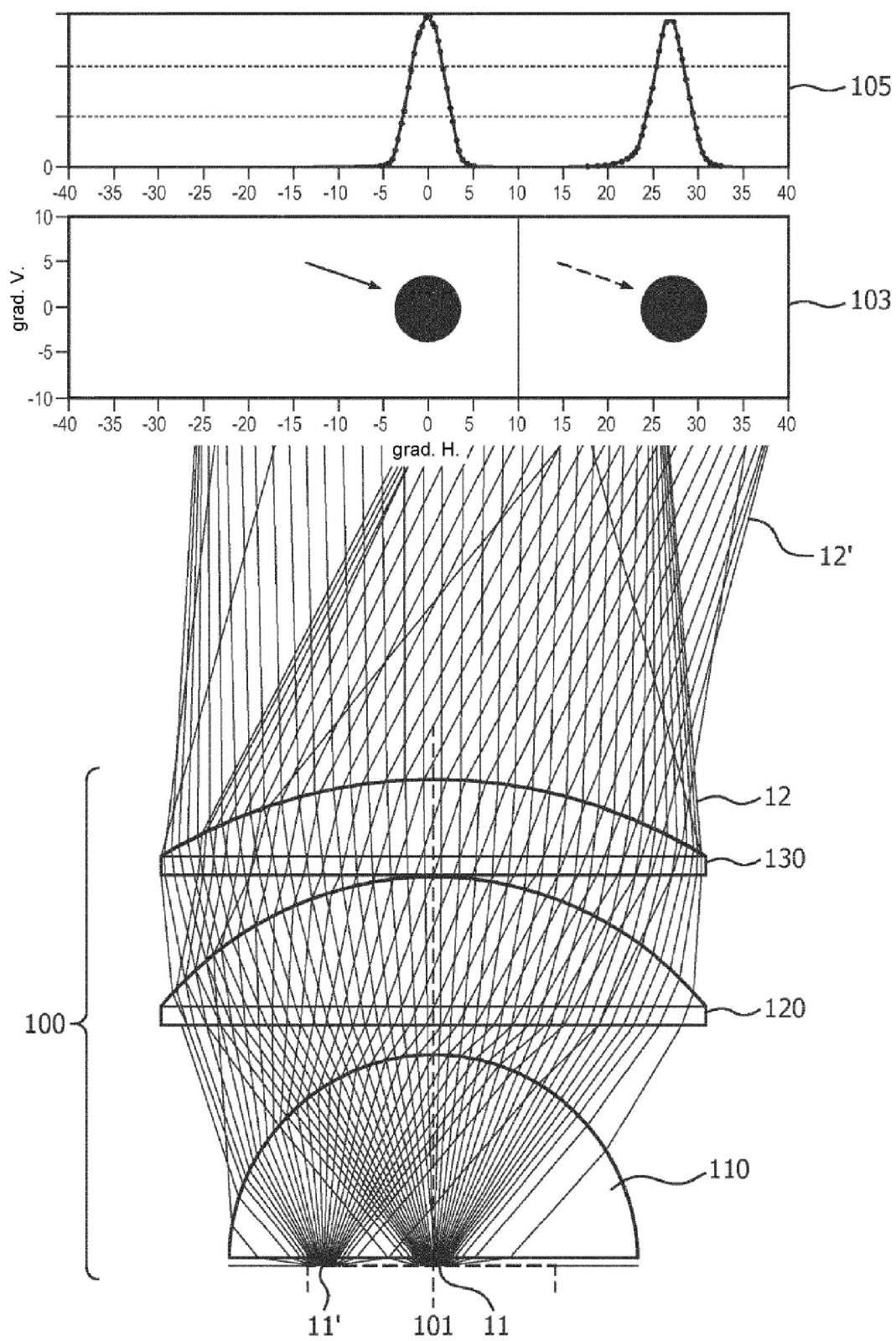


FIG. 2

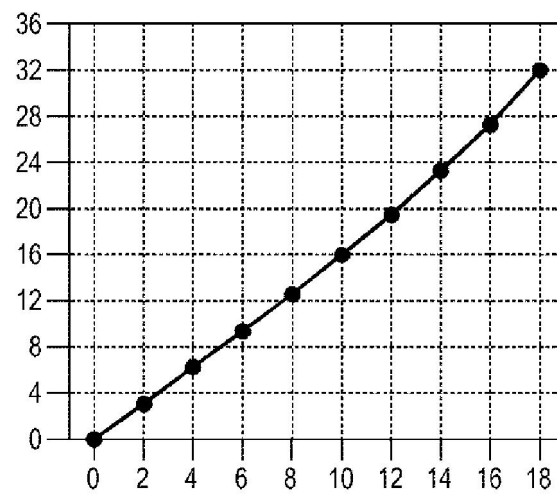


FIG. 3

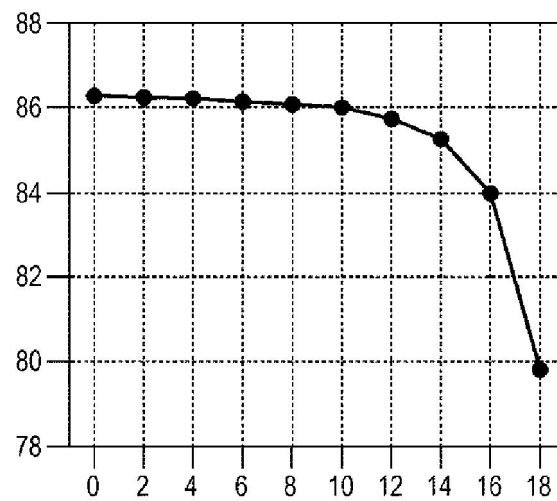


FIG. 4

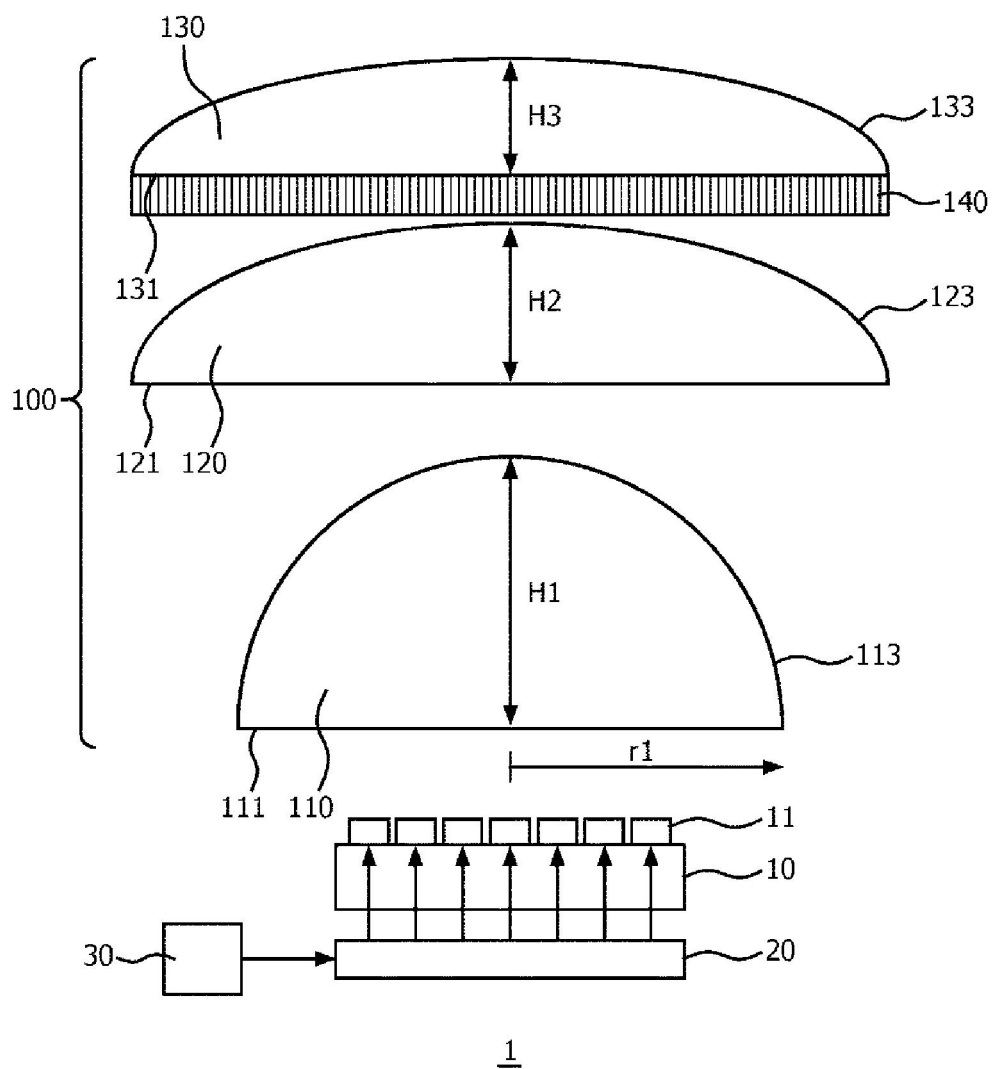


FIG. 5

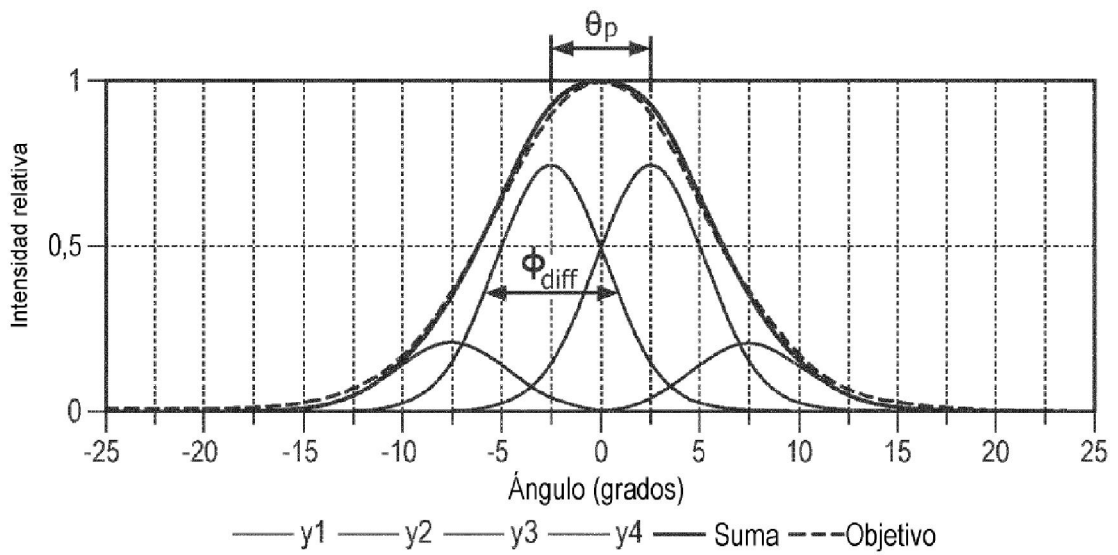
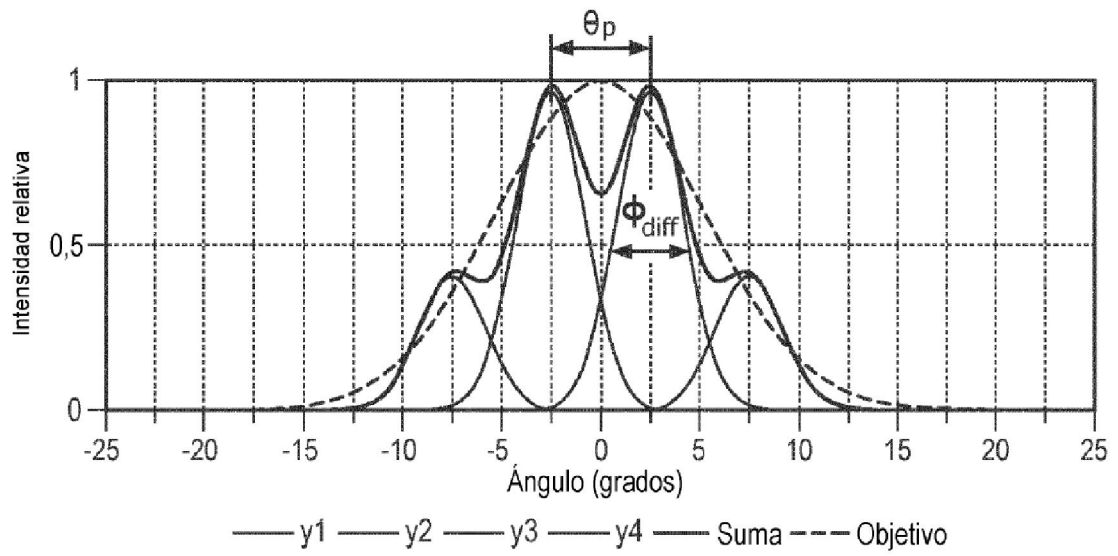


FIG. 6

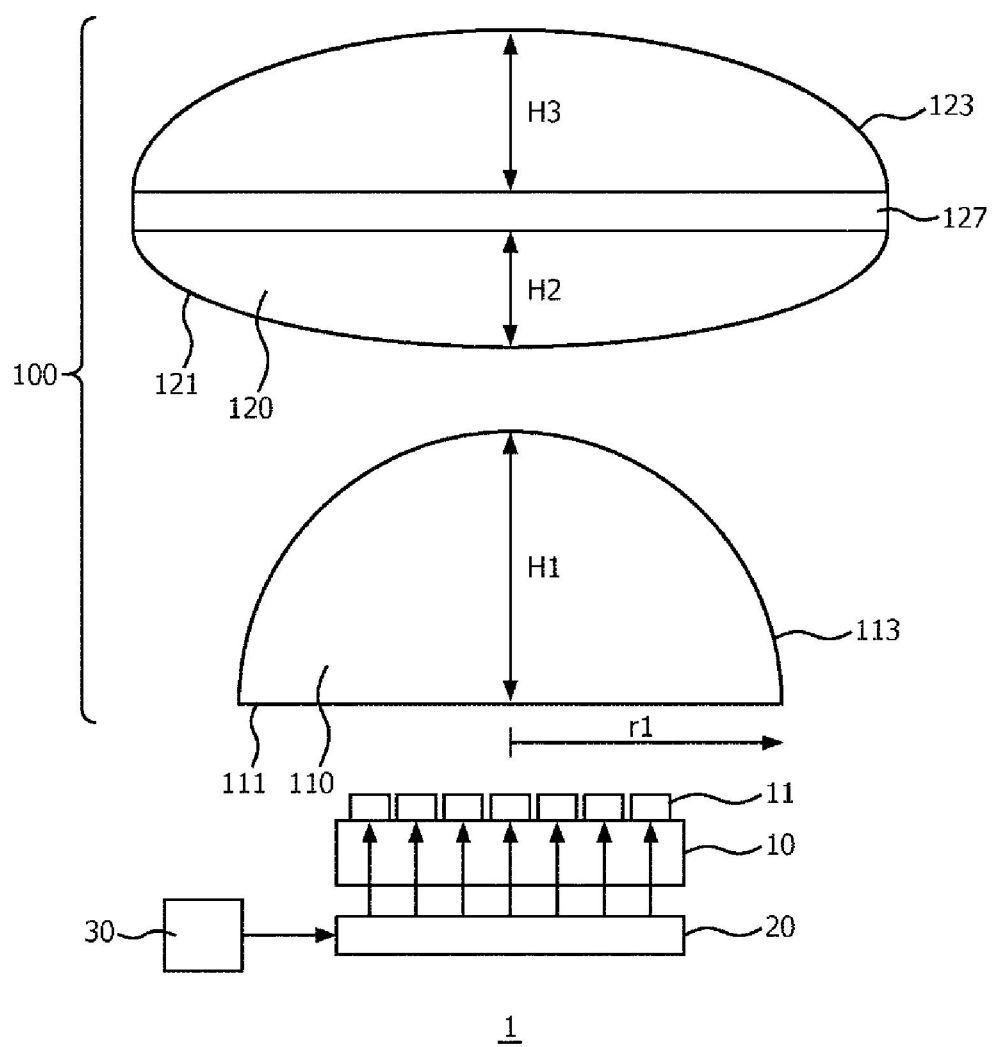


FIG. 7

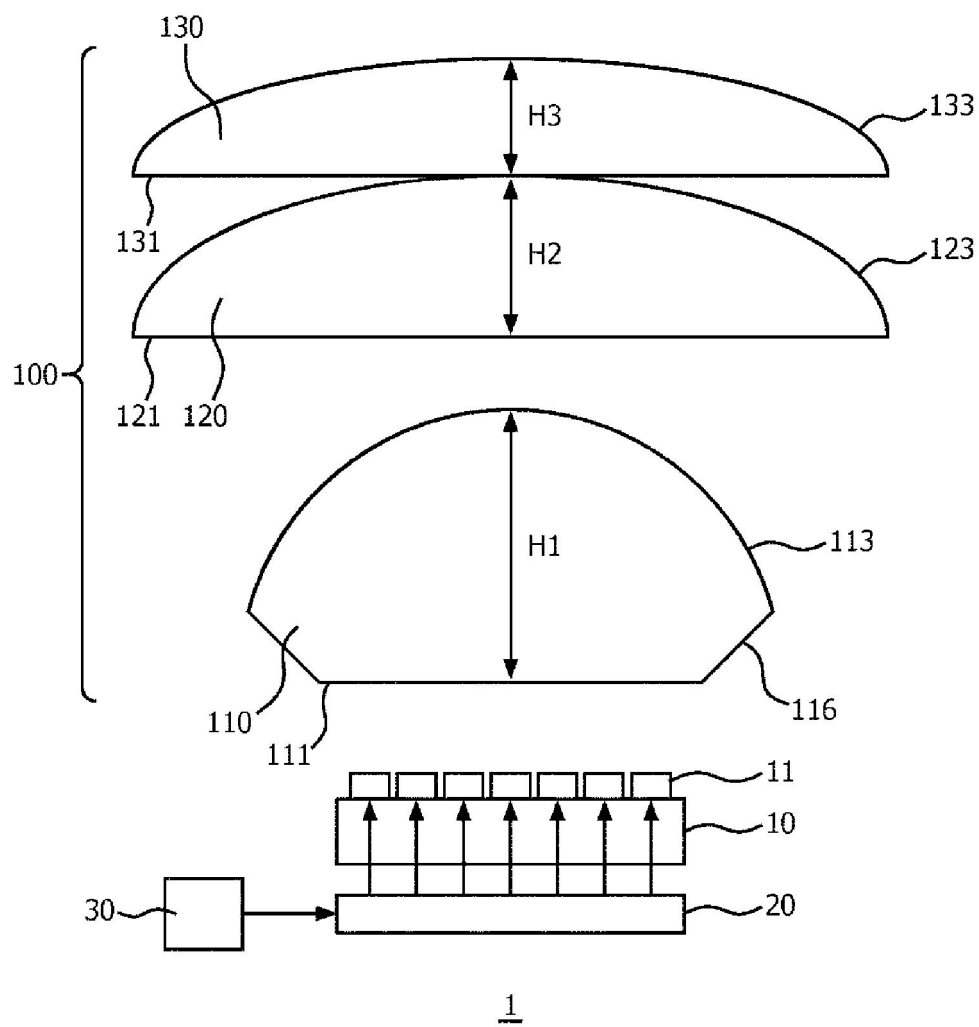


FIG. 8

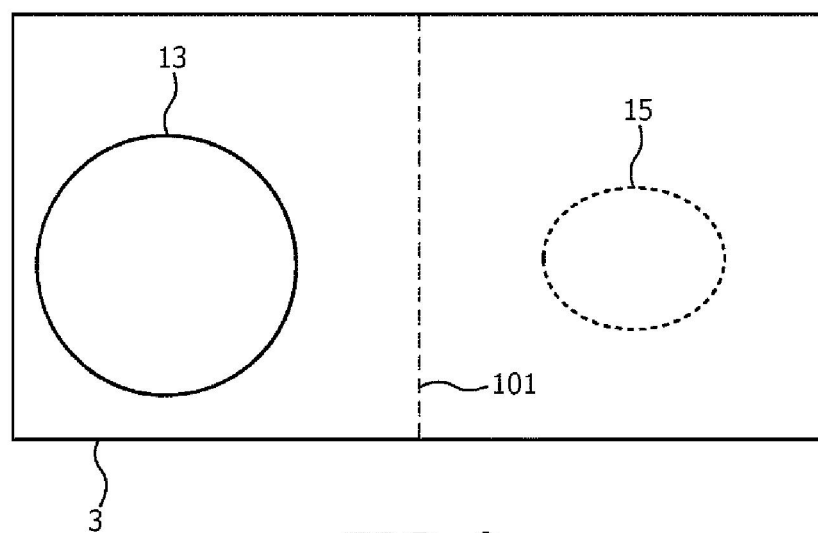


FIG. 9

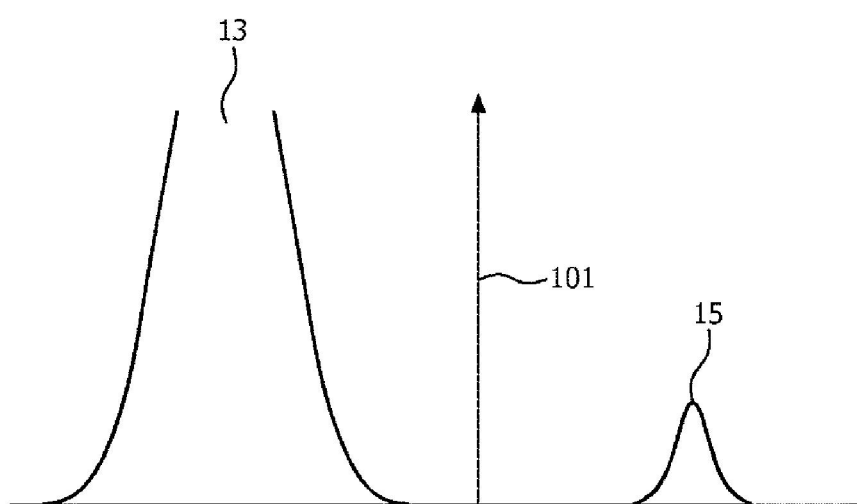


FIG. 10

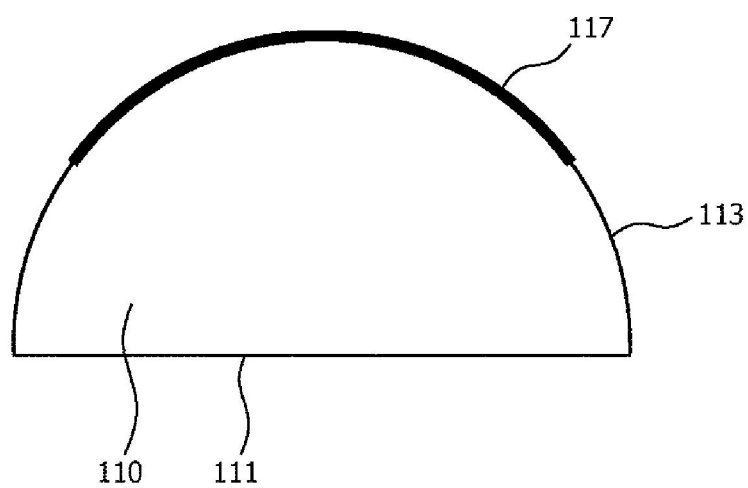


FIG. 11

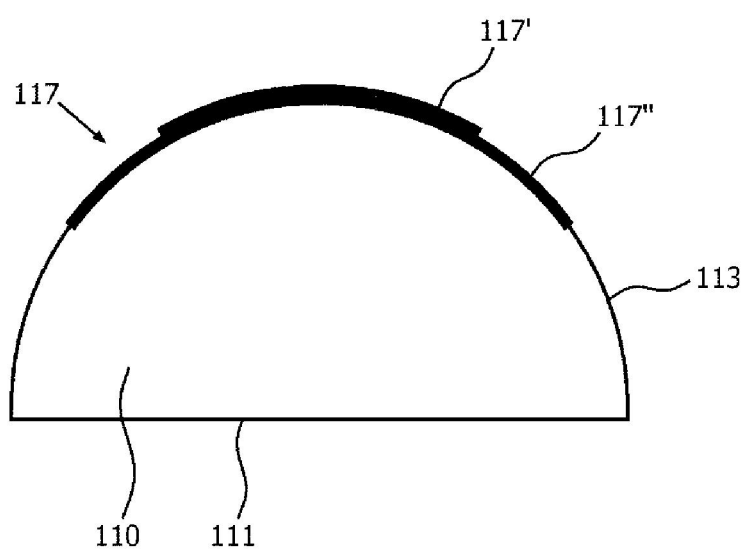


FIG. 12

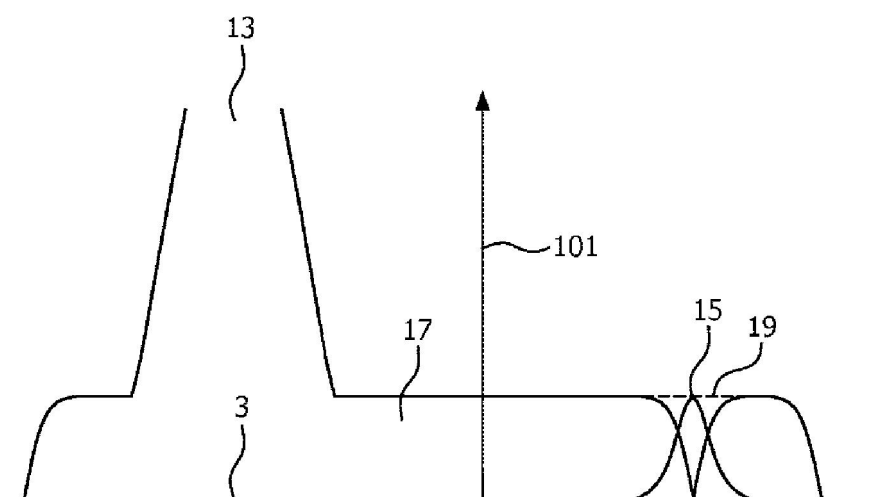


FIG. 13

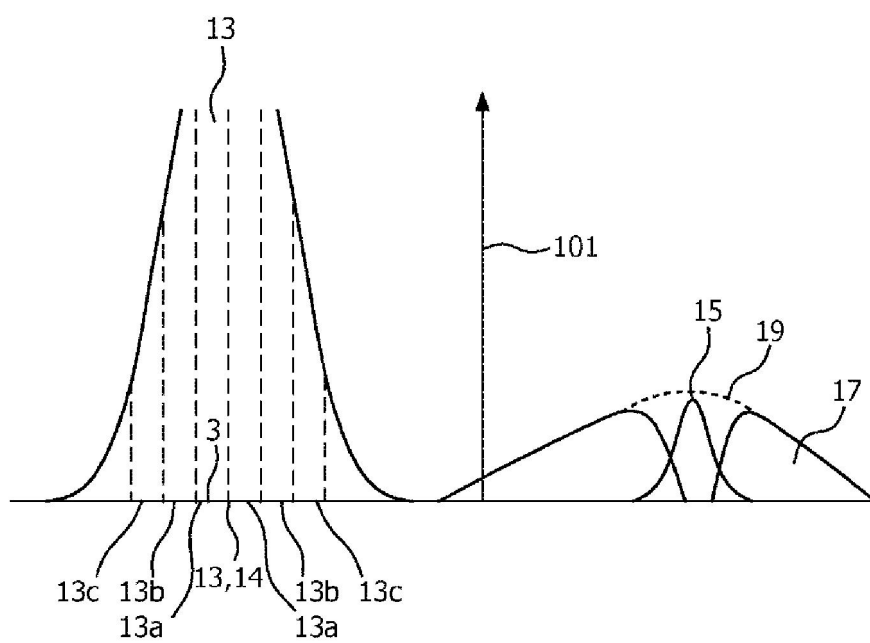


FIG. 14