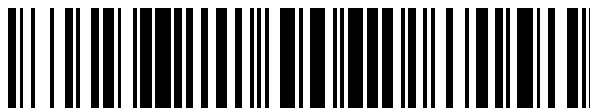


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 993 859**

21 Número de solicitud: 202330552

51 Int. Cl.:

G02B 27/01 (2006.01)

G02B 5/32 (2006.01)

G03H 1/16 (2006.01)

G02B 27/02 (2006.01)

G02B 27/42 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

03.07.2023

43 Fecha de publicación de la solicitud:

10.01.2025

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE ALICANTE (100.00%)

Carretera San Vicente del Raspeig, s/n

03690 San Vicente del Raspeig (Alicante) ES

72 Inventor/es:

GALLEGO RICO, Sergi;

NEIPP LÓPEZ, Cristian;

SIRVENT VERDÚ, Joan Josep;

MÁRQUEZ RUIZ, Andrés;

BELÉNDEZ VÁZQUEZ, Augusto y

FRANCÉS MONLLOR, Jorge

54 Título: **SISTEMA DE GUIADO DE LUZ BASADO EN LENTES HOLOGRÁFICAS**

57 Resumen:

La invención presenta un sistema de guiado de luz (1) que comprende un proyector de imagen (2) que genera una primera imagen (6), y unas primera y segunda lentes holográficas (3, 5) con distancias focales iguales a un primer valor focal f_1 y un segundo valor focal f_2 , respectivamente. Cada lente holográfica (3, 5) está dispuesta sobre una de las caras exteriores (10, 11) de un sustrato de guiado de onda (4). Ventajosamente, la distancia entre los centros ópticos de las lentes holográficas (3, 5) es sustancialmente igual a la suma del primer valor focal f_1 y el segundo valor focal f_2 , la distancia entre el plano imagen del proyector de imagen (2) y el centro óptico de la primera lente holográfica (3) es sustancialmente igual al primer valor focal f_1 , y se reproduce la primera imagen (6) con una segunda imagen (12) situada a una distancia del centro óptico de la segunda lente holográfica (5) sustancialmente igual al segundo valor focal f_2 .

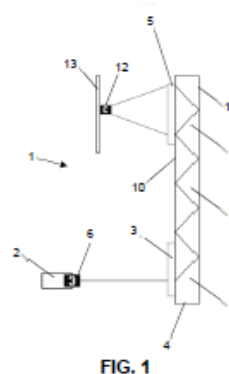


FIG. 1

DESCRIPCIÓN**SISTEMA DE GUIADO DE LUZ BASADO EN LENTES HOLOGRÁFICAS****5 CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un sistema de guiado de luz basado en lentes holográficas. Dicho sistema de guiado de luz puede aplicarse, preferentemente, en dispositivos de visión de realidad aumentada (en inglés, “augmented reality”, o AR).

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La holografía es una técnica que emplea los principios de difracción de la luz para registrar y, posteriormente, reconstruir la información óptica tridimensional (3D) de objetos. En este contexto, juegan un papel clave los llamados elementos ópticos holográficos (EOHs). Dichos EOHs se fabrican a partir de materiales fotosensibles de alta resolución, capaces de registrar el patrón de interferencia producido por dos haces (típicamente, haces láser) coherentes y espacialmente superpuestos. El primero de dichos haces suele denominarse como haz de referencia, y el segundo como haz objeto, esto es, un haz reflejado o dispersado por el objeto cuya información óptica se quiere registrar en el material fotosensible. Así, un EOH se genera haciendo que el haz de referencia y el haz objeto interfieran en un material fotosensible, registrándose el patrón de dicha interferencia en el interior de dicho material fotosensible, en la superficie donde coinciden el haz de referencia y el haz objeto. El patrón registrado comprende, así, la información 3D del objeto y crea una estructura fotónica capaz de difractar la luz. En consecuencia, es posible obtener una imagen reconstruida del objeto, a partir del haz difractado que resulta al incidir un haz de reconstrucción sobre el EOH.

Los EOHs pueden clasificarse en EOHs de transmisión o de reflexión, en función de cómo incidan los haces de luz en el material fotosensible durante su generación. Típicamente, el material fotosensible comprende una primera superficie exterior, y una segunda superficie exterior opuesta a dicha primera superficie exterior. En la generación de un EOH de transmisión o de reflexión, el haz de referencia incide, al menos parcialmente, por la primera superficie exterior del material fotosensible. En este contexto, en la generación de un EOH de transmisión, el haz objeto también incide, al menos parcialmente, por la primera superficie exterior del material fotosensible. Así, el EOH de transmisión generado está configurado para difractar un haz de reconstrucción que incide por la primera superficie exterior del mismo,

donde el haz difractado resultante atraviesa su segunda superficie exterior. Por otro lado, en la generación de un EOH de reflexión, el haz objeto incide, al menos parcialmente, por la segunda superficie exterior del material fotosensible. Así, el EOH de reflexión generado está configurado para difractar un haz de reconstrucción que incide por la primera superficie exterior del mismo, donde el haz difractado resultante atraviesa dicha primera superficie exterior.

Por otra parte, los EOHs se emplean en multitud de dispositivos, tales como los dispositivos de visión de realidad aumentada (AR). En los últimos años, los dispositivos de visión de AR han experimentado un notable desarrollo, abarcando desde los campos de los videojuegos o de la automoción, hasta la generación de nuevos dispositivos inteligentes (por ejemplo, gafas o cascos de pilotos inteligentes) que permiten acceder a información en tiempo real y sin necesidad de desviar la mirada hacia la pantalla de un dispositivo accesorio (por ejemplo, de un dispositivo móvil). La necesidad de desarrollar este tipo de dispositivos ha surgido de dos cambios tecnológicos recientes:

- el consumo generalizado de contenido de vídeo accesible a través de las redes de telefonía móvil o de Internet en dispositivos móviles;
- la miniaturización de dichos dispositivos móviles, cuyos pesos y tamaños están esencialmente determinados por el tamaño de sus pantallas.

Frente a los dispositivos de vídeo móviles, los dispositivos de visión de AR presentan principalmente tres ventajas: son sistemas manos-libres, tienen un alto carácter de privacidad y un mayor tamaño de las pantallas. Entre los diferentes dispositivos de visión de AR, destacan, por su alto nivel de aceptación por el gran público, aquellos con capacidad de “ver a través” (en inglés, “see-through”). Sin embargo, en los dispositivos “see-through” sigue siendo un reto combinar la visualización de imágenes en alta calidad con una visibilidad clara “a través” para diferentes aplicaciones.

En este contexto, los EOHs desempeñan un papel esencial en multitud de dispositivos de visión de AR, donde los EOHs guían la luz en un sistema de guiado de luz, actuando como acopladores de onda que introducen y extraen la luz en forma de imagen de sustratos de guiado de onda. Un ejemplo de estos sistemas de guiado de luz se describe en la patente estadounidense US 10,877,275 B2, que se refiere a un sistema basado en tres EOHs, en concreto, tres redes de relieve. Este sistema, además de ser complejo y costoso económicamente, cuenta con la principal desventaja de que las redes de relieve se deterioran

mucho antes en el tiempo que un EOH basado en variaciones del índice de refracción, como por ejemplo las lentes holográficas.

Otros dispositivos de AR comprenden sistemas de guiado de luz basados en lentes holográficas. Una lente holográfica es un EOH que comprende en su interior la información tridimensional de una lente analógica. Una lente analógica se entiende como cualquier elemento óptico configurado para enfocar o dispersar la luz por medio de la refracción. Así, la lente holográfica se genera mediante el registro en un material fotosensible del patrón de interferencia entre el haz de referencia y el haz objeto mencionados anteriormente, donde el haz objeto procede de una lente analógica cuya información tridimensional se desea reconstruir mediante el patrón de interferencia registrado. En este sentido, el patrón de interferencia registrado en el material fotosensible es tal que la lente holográfica generada es capaz de enfocar o dispersar la luz como si se tratara de una lente analógica.

Existen varios ejemplos de sistemas de guiado de luz basados en lentes holográficas, como el divulgado en la solicitud de patente estadounidense US 2010/0157400 A1. Típicamente, dichos sistemas de guiado de luz comprenden, al menos, una primera lente holográfica, un sustrato de guiado de onda, una segunda lente holográfica y un proyector de imagen. La luz guiada por el sistema de guiado de luz es la generada en forma de una primera imagen por el proyector de imagen. Dicha luz es primeramente introducida en el sustrato de guiado de onda por medio de la primera lente holográfica, guiada posteriormente en el interior del sustrato de guiado de onda, y dirigida finalmente hacia el exterior de dicho sustrato por medio de la segunda lente holográfica. Además, en el interior del sustrato de guiado de onda, la luz es guiada por reflexión total. Así, a partir de la luz guiada hacia el exterior del sustrato de guiado de onda por la segunda lente holográfica, se reproduce la primera imagen del proyector de imagen con una segunda imagen.

No obstante, los sistemas de guiado de luz conocidos que comprenden lentes holográficas, como el divulgado en US 2010/0157400 A1, presentan dificultades a la hora de enfocar correctamente para un ojo humano la segunda imagen que reproduce la primera imagen generada por el proyector de imagen. Además, dichos sistemas de guiado de luz requieren proyectores de imagen de grandes dimensiones y pesos, con el objeto de no afectar negativamente al tamaño de la segunda imagen que reproduce la imagen generada por dicho proyector de imagen.

35

Por tanto, existe la necesidad de proporcionar un sistema de guiado de luz que enfoque correctamente la segunda imagen que reproduce la imagen generada por el proyector de imagen comprendido en dicho sistema de guiado de luz. Asimismo, existe también la necesidad de reducir las dimensiones y el peso de dicho proyector de imagen, sin afectar
 5 negativamente al tamaño de la segunda imagen que reproduce la imagen generada por dicho proyector de imagen.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LA INVENCION

10 La presente invención soluciona las limitaciones del estado de la técnica mencionadas anteriormente, proporcionando un sistema mejorado de guiado de luz basado en lentes holográficas.

Más concretamente, la invención proporciona un sistema de guiado de luz que comprende, al
 15 menos:

- un proyector de imagen configurado para generar luz en forma de una primera imagen,
- una primera lente holográfica que comprende un centro óptico y que tiene una distancia focal igual a un primer valor focal f_1 ,
- 20 - una segunda lente holográfica que comprende un centro óptico y que tiene una distancia focal igual a un segundo valor focal f_2 , y
- un sustrato de guiado de onda que comprende una porción de entrada, una porción central y una porción de salida.

25 Asimismo, el sustrato de guiado de onda comprende, al menos, una primera cara exterior y una segunda cara exterior opuesta a dicha primera cara exterior. La primera lente holográfica está dispuesta sobre una de las caras exteriores del sustrato de guiado de onda en su porción de entrada, y la segunda lente holográfica está dispuesta sobre una de las caras exteriores del sustrato de guiado de onda en su porción de salida.

30 Además, el proyector de imagen está configurado para dirigir la luz que genera hacia la primera lente holográfica. La primera lente holográfica está configurada para guiar la luz que recibe del proyector de imagen, hacia el interior de la porción de entrada del sustrato de guiado de onda. La porción central del sustrato de guiado de onda está configurada para guiar en su
 35 interior la luz guiada por la primera lente holográfica, desde la porción de entrada hasta la porción de salida. La segunda lente holográfica está configurada para recibir la luz guiada

hasta la porción de salida por la porción central, y guiar dicha luz que recibe hacia el exterior de la porción de salida del sustrato de guiado de onda. Asimismo, la primera lente holográfica, la segunda lente holográfica y el sustrato de guiado de onda están configurados para que el sustrato de guiado de onda guíe en su interior por reflexión total la luz generada por el proyector de imagen, de manera que, a partir de la luz guiada por la segunda lente holográfica hacia el exterior de la porción de salida del sustrato de guiado de onda, se reproduce con una segunda imagen la primera imagen generada por el proyector de imagen.

Ventajosamente, el sistema de guiado de luz de la presente invención se caracteriza por que:

la distancia entre el centro óptico de la primera lente holográfica y el centro óptico de la segunda lente holográfica es sustancialmente igual a la suma del primer valor focal f_1 y el segundo valor focal f_2 ;

el proyector de imagen comprende un plano imagen, donde dicho plano imagen está situado a una distancia del centro óptico de la primera lente holográfica sustancialmente igual al primer valor focal f_1 ; y

la segunda imagen que reproduce la primera imagen generada por el proyector de imagen está situada a una distancia del centro óptico de la segunda lente holográfica sustancialmente igual al segundo valor focal f_2 .

En el contexto anterior, la expresión “sustancialmente” se interpreta como igual o comprendida dentro de un rango de variación de $\pm 0,5\%$. Dicho rango de variación en una o más de las distancias entre los elementos del sistema de guiado de luz, supone un desenfoque en la segunda imagen inapreciable para un ojo humano. Así, la presente invención soluciona la necesidad de proporcionar un sistema de guiado de luz que enfoque correctamente la segunda imagen, donde dicha segunda imagen es una reproducción de la imagen generada por el proyector de imagen del sistema de guiado de luz. El sistema de guiado de luz de acuerdo con la presente invención se denominará, de aquí en adelante, como “sistema 4f”.

En una realización preferente de la invención, el segundo valor focal f_2 de la segunda lente holográfica es mayor que el primer valor focal f_1 de la primera lente holográfica. En el sistema 4f, el escalado final de la segunda imagen es directamente proporcional, respecto a la primera imagen generada por el proyector de imagen, al cociente entre el segundo valor focal f_2 de la segunda lente holográfica y el primer valor focal f_1 de la primera lente holográfica. Por tanto, cuando el segundo valor focal f_2 es mayor que el primer valor focal f_1 , el tamaño de la segunda imagen es mayor que el tamaño de la primera imagen. Esto permite solucionar la necesidad de reducir las dimensiones y el peso del proyector de imagen, sin afectar negativamente al

tamaño de la segunda imagen que reproduce la primera imagen generada por dicho proyector de imagen.

En otra realización preferente del sistema de guiado de luz, la segunda lente holográfica está configurada para guiar la luz que recibe del interior del sustrato de guiado de onda hacia una pantalla, de manera que se proyecta en dicha pantalla la segunda imagen que reproduce la primera imagen generada por el proyector de imagen. Preferentemente, dicha pantalla es, al menos parcialmente, transparente. Alternativamente, la segunda lente holográfica está configurada para guiar la luz que recibe del interior del sustrato de guiado de onda hacia el ojo de un usuario, de manera que el usuario ve la segunda imagen que reproduce la primera imagen generada por el proyector de imagen.

En otra realización preferente de la invención, la primera lente holográfica y/o la segunda lente holográfica comprende al menos una de las siguientes: lente holográfica de transmisión, lente holográfica de reflexión, lente holográfica convergente, lente holográfica divergente.

Por otra parte, en otra realización preferente de la invención, la primera lente holográfica y/o la segunda lente holográfica comprenden al menos una superficie exterior con propiedades adhesivas. Preferentemente, al menos la superficie exterior de la primera lente holográfica y/o de la segunda lente holográfica en contacto con el sustrato de guiado de onda tienen dichas propiedades adhesivas. Ello permite mantener la primera lente holográfica y/o la segunda lente holográfica dispuestas sobre el sustrato de guiado de onda.

En otra realización preferente de la invención, la primera lente holográfica y/o la segunda lente holográfica comprenden un material fotosensible que cumple al menos una de las siguientes:

dicho material fotosensible es un material de fase o un material de amplitud;

dicho material fotosensible está compuesto, al menos parcialmente, por al menos uno de los siguientes: uno o más fotopolímeros, una o más fotorresinas, una o más gelatinas dicromatadas;

el valor de la resolución de dicho material fotosensible es igual o menor que $0,5\ \mu\text{m}$;

el índice de refracción de dicho material fotosensible es igual o mayor que 0,9 veces el índice de refracción del sustrato de guiado de onda, y menor igual que 1,1 veces el índice de refracción del sustrato de guiado de onda;

el grosor de dicho material fotosensible está comprendido entre $5\ \mu\text{m}$ y $20\ \mu\text{m}$, y más

particularmente, entre $10\ \mu\text{m}$ y $15\ \mu\text{m}$.

Por otro lado, en otra realización preferente de la invención, el sustrato de guiado de onda es transparente. Así, el sustrato de guiado de onda guía luz en su interior por reflexión total, desde la porción de entrada hasta la porción de salida, sin que dicha luz sea absorbida o difunda por el mismo.

5

En otra realización preferente de la invención, la luz que dirige el proyector de imagen incide en la primera lente holográfica por la primera superficie exterior de la misma, de manera sustancialmente perpendicular a dicha primera superficie exterior.

10 Asimismo, en otra realización preferente de la invención, el proyector de imagen es uno de los siguientes: un proyector basado en uno o más moduladores espaciales de luz, un proyector láser. Preferentemente, dicho proyector de imagen es uno de los siguientes: un proyector LCD, un proyector DLP.

15 En otra realización preferente de la invención, el proyector de imagen está configurado para al menos una de la siguientes: generar la primera imagen en formato de alta definición y/o ultra alta definición, emitir luz de cualquier combinación de colores, emitir luz monocromática. Por otra parte, en otra realización de la invención, el proyector de imagen tiene una anchura espectral inferior o igual a 40 nm.

20

Otro objeto de la invención se refiere a un dispositivo de visión de realidad aumentada que comprende un sistema de guiado de luz según cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento. Preferentemente, el dispositivo de visión de realidad aumentada comprende uno de los siguientes: unas gafas inteligentes, un casco inteligente, una luna de
25 un vehículo.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para completar la descripción y con el propósito de ayudar a una mejor comprensión de la
30 invención, se dispone un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman una parte integral de la descripción e ilustran diferentes realizaciones de la presente invención, las cuales no deben interpretarse como restrictivas del alcance de la invención, sino como ejemplos de cómo se puede llevar a cabo la misma. Los dibujos adjuntos comprenden específicamente las siguientes figuras:

35

La Figura 1 muestra una representación esquemática de un sistema de guiado de luz de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 2 muestra una representación esquemática de un sistema de guiado de luz de acuerdo con otra realización de la presente invención.

Referencias numéricas utilizadas en las figuras:

(1)	Sistema de guiado de luz
(2)	Proyector de imagen
(3)	Primera lente holográfica
(4)	Sustrato de guiado de onda
(5)	Segunda lente holográfica
(6)	Primera imagen
(7)	Porción de entrada del sustrato de guiado de onda
(8)	Porción central del sustrato de guiado de onda
(9)	Porción de salida del sustrato de guiado de onda
(10)	Primera cara exterior del sustrato de guiado de onda
(11)	Segunda cara exterior del sustrato de guiado de onda
(12)	Segunda imagen
(13)	Pantalla
(14)	Ojo de un usuario

10 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Como se ha mencionado anteriormente, el objeto de la presente invención se refiere a un sistema de guiado de luz basado en lentes holográficas.

15 El uso de lentes holográficas en sistemas de guiado de luz es conocido. Típicamente, un sistema de guiado de luz comprende, al menos, una primera lente holográfica, un sustrato de guiado de onda, una segunda lente holográfica y un proyector de imagen. En este contexto, la luz guiada por el sistema de guiado de luz es la generada en forma de una primera imagen por el proyector de imagen. Dicha luz es primeramente introducida en el sustrato de guiado de onda por medio de la primera lente holográfica, guiada posteriormente por el interior del sustrato de guiado de onda, y dirigida finalmente hacia el exterior de dicho sustrato por medio de la segunda lente holográfica.

Los sistemas de guiado de luz se aplican típicamente en dispositivos de visión de realidad aumentada (AR). Ejemplos no limitativos de estos dispositivos de visión de AR son gafas o cascos inteligentes, donde el sustrato de guiado de onda es típicamente un elemento transparente, a través del cual ve el mundo un usuario del dispositivo de visión de AR. Generalmente, este tipo de sustrato de guiado de onda está compuesto por vidrio, plástico, u otros materiales conocidos en el estado de la técnica. En este contexto, la luz del sistema de guiado de luz es guiada hacia el exterior del sustrato de guiado de onda por medio de la segunda lente holográfica, de manera que, típicamente, el usuario ve, a través de dicho sustrato de guiado de onda, una segunda imagen que reproduce la primera imagen generada por el proyector de imagen. Dicha segunda imagen se superpone con el mundo real que el usuario ve a través del sustrato de guiado de onda. En este sentido, la luz tiene que propagarse por reflexión total en el interior del sustrato de guiado de onda, para no perder información de la primera imagen durante la propagación de la luz en el sistema de guiado de luz.

La Figura 1 muestra una representación esquemática de un sistema de guiado de luz (1) de acuerdo con una realización de la invención. Dicho sistema de guiado de luz (1) comprende un proyector de imagen (2), una primera lente holográfica (3), un sustrato de guiado de onda (4) y una segunda lente holográfica (5).

El proyector de imagen (2) está configurado para generar luz en forma de una primera imagen (6). En particular, en la Figura 1, el proyector de imagen (2) genera la imagen (6) del número tres. Ejemplos no limitativos de proyectores de imagen (2) son los proyectores basados en uno o más moduladores espaciales de luz (en inglés, "Spatial Light Modulators", o SLMs). Existen diversos tipos de proyectores basados en SLMs. Por ejemplo, los proyectores LCD (del inglés, "Liquid Crystal Displays", esto es, pantallas de cristal líquido), tales como los basados en pantallas de cristal líquido sobre silicio (en inglés, "Liquid Crystal on Silicon", o LCoS). Otro ejemplo son los proyectores DLP (del inglés, "Digital Light Processing", esto es, procesamiento digital de luz), tales como los basados en microespejos sobre un DMD (del inglés, "Digital Micromirror Device", esto es, dispositivo de microespejo digital). La fuente de iluminación de los proyectores de imagen (2) basados en SLMs puede ser una o más lámparas halógenas, LEDs, láseres, entre otras. Otros ejemplos no limitativos de proyectores de imagen (2) son los proyectores láser, donde varios haces son deflectados por uno o más espejos a velocidades muy rápidas para dar la sensación de imagen continua.

Por otro lado, la primera lente holográfica (3) comprende un centro óptico y tiene una distancia focal igual a un primer valor focal f_1 . Asimismo, la segunda lente holográfica (5) comprende otro centro óptico y tiene una distancia focal igual a un segundo valor focal f_2 . Las lentes holográficas (3, 5) de la Figura 1 son, en particular, lentes holográficas de transmisión.

5

Además, el sustrato de guiado de onda (4) comprende una porción de entrada (7), una porción central (8) y una porción de salida (9). A su vez, el sustrato de guiado de onda (4) comprende una primera cara exterior (10) y una segunda cara exterior (11) opuesta a dicha primera cara exterior (10). La primera lente holográfica (3) está dispuesta sobre la primera cara exterior (10) del sustrato de guiado de onda (4) en su porción de entrada (7), mientras que la segunda lente holográfica (5) está dispuesta sobre la primera cara exterior (10) del sustrato de guiado de onda (4) en su porción de salida (9). Por otro lado, el sustrato de guiado de onda (4) está preferentemente compuesto por uno o más materiales tales como vidrio, plástico, entre otros, de manera que dicho sustrato de guiado de onda (4) es transparente.

15

En este contexto, el proyector de imagen (2) está configurado para dirigir la luz que genera hacia la primera lente holográfica (3). Dicha luz incide en la primera lente holográfica (3), por la primera superficie exterior de la misma (esto es, la superficie exterior por la que incide el haz de referencia en el material fotosensible, durante el método particular empleado para generar dicha primera lente holográfica (3)). La primera lente holográfica (3) está configurada para guiar la luz que recibe del proyector de imagen (2), hacia el interior de la porción de entrada (7) del sustrato de guiado de onda (4). Asimismo, la porción central (8) está configurada para guiar en su interior la luz guiada por la primera lente holográfica (3), desde la porción de entrada (7) hasta la porción de salida (9). La segunda lente holográfica (5) está configurada para recibir la luz guiada hasta la porción de salida (9) por la porción central (8). Además, la segunda lente holográfica (5) está configurada para guiar dicha luz que recibe hacia el exterior de la porción de salida (9) del sustrato de guiado de onda (4). Así, la luz guiada por la segunda lente holográfica (5) hacia el exterior del sustrato de guiado de onda (4), contiene información de la primera imagen (6) generada por el proyector de imagen (2).

30

Por otra parte, la primera lente holográfica (3), la segunda lente holográfica (5) y el sustrato de guiado de onda (4) están configurados para que dicho sustrato de guiado de onda (4) guíe en su interior por reflexión total la luz generada por el proyector de imagen (2). En este sentido, el sistema de guiado de luz (1) se encuentra embebido en un medio exterior (por ejemplo, aire, agua, entre otros) con un índice de refracción menor que el del sustrato de guiado de onda (4), de manera que dicha reflexión total tiene lugar en el interior del sustrato de guiado

35

de onda (4). Así, cada rayo de la luz guiada en el interior del sustrato de guiado de onda (4) incide en un punto de la superficie de separación entre dicho sustrato de guiado de onda (4) y el medio en el que está embebido el mismo, con un ángulo de incidencia respecto a la dirección perpendicular en dicho punto mayor que el ángulo crítico de reflexión total. El ángulo crítico de reflexión total es igual al arcoseno del cociente entre el índice de refracción del medio en el que está embebido el sustrato de guiado de onda (4) y el índice de refracción del sustrato de guiado de onda (4). En la Figura 1 (y en la posterior Figura 2) se ha representado en el interior del sustrato de guiado de onda (4) un rayo de luz de un haz que se propaga por reflexión total, para ilustrar lo anteriormente descrito.

Al propagarse por reflexión total en el interior del sustrato de guiado de onda (4) la luz generada por el proyector de imagen (2), no se pierde información de la primera imagen (6) en dicha propagación. Así, a partir de la luz guiada por la segunda lente holográfica (5) hacia el exterior del sustrato de guiado de onda (4), se reproduce correctamente, con una segunda imagen (12), la primera imagen (6) generada por el proyector de imagen (2).

Asimismo, la primera lente holográfica (3) de la Figura 1 es una lente holográfica convergente, lo que facilita que todos los rayos de la luz guiada por dicha primera lente holográfica (3) lleguen por reflexión total desde la porción de entrada (7) hasta la porción de salida (9). En otras realizaciones, dicha primera lente holográfica (3) es divergente. Por otro lado, la segunda lente holográfica (5) de la Figura 1 es una lente holográfica convergente. En este sentido, se han representado en la Figura 1 los dos rayos de luz más externos de la luz guiada por la segunda lente holográfica (5) hacia el exterior del sustrato de guiado de onda (4).

Por otro lado, en la realización de la Figura 1, el sistema de guiado de luz (1) comprende adicionalmente una pantalla (13). En particular, dicha pantalla (13) se encuentra delante de la primera cara exterior (10) del sustrato de guiado de onda (4), frente de la segunda lente holográfica (5). La segunda lente holográfica (5) está configurada para guiar la luz que recibe del interior del sustrato de guiado de onda (4) hacia la pantalla (13), de manera que se proyecta en dicha pantalla (13) la segunda imagen (12). Dicha segunda imagen (12) es una reproducción de la primera imagen (6) generada por el proyector de imagen (2). En una realización preferente, la pantalla (13) es, al menos parcialmente, transparente. Ello permite ver la segunda imagen (12) en la pantalla (13), a la vez que se ve, al menos parcialmente, todo aquello que existe tras la pantalla (13). En ejemplos no limitativos, la pantalla (13) es la luna de un vehículo (coche, tren, avión, barco, cohete, entre otros) de un dispositivo de visión de AR que comprende el sistema de guiado de luz (1) de la Figura 1.

Así pues, ventajosamente en el sistema de guiado de luz (1) de la Figura 1, la distancia entre el centro óptico de la primera lente holográfica (3) y el centro óptico de la segunda lente holográfica (5) es sustancialmente igual a la suma del primer valor focal f_1 y el segundo valor focal f_2 ; el proyector de imagen (2) comprende un plano imagen, donde dicho plano imagen está situado a una distancia del centro óptico de la primera lente holográfica (3) sustancialmente igual al primer valor focal f_1 ; y la pantalla (13) y, en consecuencia, la segunda imagen (12) proyectada en la misma están situadas a una distancia del centro óptico de la segunda lente holográfica (5) sustancialmente igual al segundo valor focal f_2 . En este contexto, la expresión “sustancialmente” se interpretará como igual o comprendida dentro de un rango de variación de $\pm 0,5\%$. Dicho rango de variación en una o más de las distancias entre los elementos del sistema de guiado de luz (1), supone un desenfoque en la segunda imagen (12) inapreciable para un ojo humano.

El plano imagen del proyector de imagen (2) es el plano donde el proyector de imagen (2) genera la primera imagen (6). Preferentemente, la distancia del plano imagen del proyector de imagen (2) al centro geométrico de la primera lente holográfica (3) se mide desde el centro de la primera imagen (6) formada en dicho plano imagen. Así, por ejemplo, en un proyector de imagen (2) basado en una única pantalla de cristal líquido sobre silicio (LCoS), el plano imagen es el que contiene el propio LCoS dentro del proyector de imagen (2). Además, generalmente el centro de la primera imagen (2) coincide con el propio centro geométrico del LCoS.

En contexto anterior, en la presente invención la distancia imagen de la primera lente holográfica (3) es aproximadamente o igual a infinito, mientras que la distancia imagen de la segunda lente holográfica (5) es sustancialmente igual al segundo valor focal f_2 . En una lente con distancia focal f , la distancia imagen se entiende como la distancia a la cual dicha lente forma una imagen (real o virtual) de un objeto a partir de la luz que le llega del mismo, cuando el objeto está situado a una distancia dada respecto a dicha lente.

Así pues, según lo anteriormente descrito, el sistema de guiado de luz (1) de la presente invención soluciona la necesidad de proporcionar un sistema de guiado de luz (1) que enfoque correctamente la segunda imagen (12) que reproduce la primera imagen (6) generada por el proyector de imagen (2) comprendido en dicho sistema de guiado de luz (1). Se denomina el sistema de guiado de luz (1) de acuerdo con la presente invención como sistema 4f.

La Figura 2 muestra una representación esquemática de un sistema de guiado de luz (1) de acuerdo con otra realización de la invención. Así, dicho sistema de guiado de luz (1) es un sistema 4f que también comprende un proyector de imagen (2), una primera lente holográfica (3) de transmisión, un sustrato de guiado de onda (4) y una segunda lente holográfica (5) de transmisión.

Como en la Figura 1, el sistema de guiado de luz (1) de la Figura 2 guía la luz generada por el proyector de imagen (2) de modo que, tras ser guiada primeramente por la primera lente holográfica (3) hacia el interior del sustrato de guiado de onda (4), y posteriormente por reflexión total en el interior del sustrato de guiado de onda (4), dicha luz es guiada hacia el exterior del sustrato de guiado de onda (4) por medio de la segunda lente holográfica (5).

Sin embargo, a diferencia de la realización de la Figura 1, la segunda lente holográfica (5) de transmisión es una lente holográfica divergente, y el sistema de guiado de luz (1) carece de una pantalla (13). En efecto, en el sistema de guiado de luz (1) de la Figura 2 la luz generada por el proyector de imagen (2) es guiada hacia el ojo (14) de un usuario, en lugar de hacia una pantalla (13). Así, la segunda lente holográfica (5) está configurada para recibir la luz guiada hasta la porción de salida (9) por la porción central (8), y para guiar dicha luz recibida hacia el ojo (14) del usuario situado en el exterior del sustrato de guiado de onda (4). Se han representado en la Figura 2 los dos rayos más externos de la luz guiada por la segunda lente holográfica (5) hacia el ojo (14) del usuario. Dicho usuario ve la segunda imagen (12) que reproduce la primera imagen (6) generada por el proyector de imagen (2). Concretamente, en la Figura 2, la segunda imagen (12) es una imagen virtual que el usuario ve a través del sustrato de guiado de onda (4), situada en el exterior del mismo y delante de su segunda cara exterior (11). En ejemplos no limitativos, el sistema de guiado de luz (1) de la Figura 2 está comprendido en unas gafas o un caso inteligentes de AR, donde el usuario de dichas gafas o casco ve, a través del sustrato de guiado de onda (4), el mundo exterior y la segunda imagen (12) superpuesta en el mismo.

De nuevo, el sistema de guiado de luz (1) de la Figura 4 es ventajosamente un sistema 4f. Así pues, la distancia entre el centro óptico de la primera lente holográfica (3) y el centro óptico de la segunda lente holográfica (5) es sustancialmente igual a la suma del primer valor focal f_1 de la primera lente holográfica (3) y el segundo valor focal f_2 de la segunda lente holográfica (5), el plano imagen del proyector de imagen (2) está situado a una distancia del centro óptico de la primera lente holográfica (3) sustancialmente igual al primer valor focal f_1 , y, gracias al cristalino del ojo (14) del usuario que actúa como lente convergente, el usuario ve la segunda

imagen (12) a una distancia del centro óptico de la segunda lente holográfica (5) sustancialmente igual al segundo valor focal f_2 . De nuevo, la expresión “sustancialmente” se interpretará en este contexto como igual o comprendida dentro de un rango de variación de $\pm 0,5\%$. De esta modo, el ojo (23) del usuario enfoca perfectamente la segunda imagen (12) que reproduce la primera imagen (6) generada por proyector de imagen (2), y se soluciona la necesidad de proporcionar un sistema de guiado de luz (1) que enfoque correctamente la segunda imagen (12).

En realizaciones alternativas del sistema 4f de la Figura 2, la segunda lente holográfica (5) que guía la luz hacia el ojo de un usuario (14) es una lente holográfica convergente. Así, para que el usuario vea la segunda imagen (12) virtual, el punto próximo del usuario tiene que estar situado en el espacio que hay entre el sustrato de guiado de onda (4) y el ojo (14) del usuario. Como es sabido, el punto próximo de un usuario es un punto situado a la distancia más próxima al ojo (14) del usuario, donde dicho usuario ve con claridad y acomodación perfecta un objetivo. Por ejemplo, para una persona menor de 40 años dicha distancia es típicamente igual 10 cm. En estas condiciones, el usuario ve la segunda imagen (12) a una distancia sustancialmente igual al segundo valor focal f_2 , en el exterior del sustrato de guiado de onda (4) y delante de la primera cara exterior (10) del mismo. De nuevo, la expresión “sustancialmente” se interpretará aquí como igual o comprendida dentro de un rango de variación de $\pm 0,5\%$.

Por otro lado, en los sistemas de guiado de luz (1) de la presente invención, el escalado final de la segunda imagen (12) es directamente proporcional, respecto a la primera imagen (6), al cociente entre el segundo valor focal f_2 de la segunda lente holográfica (5) y el primer valor focal f_1 de la primera lente holográfica (3). Así, en las realizaciones de las Figuras 3 y 4, el segundo valor focal f_2 de la segunda lente holográfica (5) es menor que el primer valor focal f_1 de la primera lente holográfica (3), de manera que el tamaño de la segunda imagen (12) es menor que el tamaño de la primera imagen (6).

Según lo anteriormente descrito, en realizaciones preferentes de la invención, el segundo valor focal f_2 de la segunda lente holográfica (5) es ventajosamente mayor que el primer valor focal f_1 de la primera lente holográfica (3), de manera que el tamaño de la segunda imagen (12) es mayor que el tamaño de la primera imagen (15). Esto permite solucionar la necesidad de reducir las dimensiones y el peso del proyector de imagen (2), sin afectar negativamente al tamaño de la segunda imagen (12) que reproduce la primera imagen (6) generada por dicho proyector de imagen (2).

Otras realizaciones del sistema de guiado de luz (1) de acuerdo con la presente invención son deducibles por un experto en la materia, a partir del contenido del presente documento. En ejemplos no limitativos, los sistemas de guiado de luz (1) comprenden dos lentes holográficas (3, 5) de reflexión en lugar de dos lentes holográfica (3, 5) de transmisión, donde dichas lentes holográficas (3, 5) están dispuestas sobre la segunda cara exterior (11) del sustrato de guiado de onda (4) en lugar de sobre la primera cara exterior (10) del mismo. En estos ejemplos, cuando el proyector de imagen (2) dirige la luz que genera hacia la primera lente holográfica (3), típicamente dicha luz incide en la primera lente holográfica (3) por la primera superficie exterior de la misma, después de atravesar el interior del sustrato de guiado de onda (4) por la porción de entrada (7) del mismo. Así, la primera lente holográfica (3) recibe la luz generada por el proyector de imagen (2) y la introduce de nuevo en el interior del sustrato de guiado de onda (13) en la porción de entrada (7) del mismo. Asimismo, la segunda lente holográfica (3) recibe la luz guiada hasta la porción de salida (9) por la porción central (8), y guía dicha luz que recibe hacia el exterior de la porción de salida (9), de manera que, antes de la salir del interior del sustrato de guiado de onda (4), atraviesa el interior de dicho sustrato de guiado de onda (4) por la porción de salida (9) del mismo.

En otras realizaciones no limitativas de la invención, el sistema de guiado de luz (1) comprende lentes holográficas (3, 5), donde una es una lente holográfica de transmisión y la otra es una lente holográfica de reflexión. Asimismo, en otras realizaciones de la invención, la primera lente holográfica (3) está dispuesta en una cara exterior (10, 11) del sustrato de guiado de onda (4) distinta de la cara exterior (10, 11) sobre la que está dispuesta la segunda lente holográfica (5), y el proyector de imagen (2) y la pantalla (13) o el ojo (14) del usuario se encuentran en lados opuestos respecto al sustrato de guiado de onda (4).

Por otra parte, como es sabido, una lente holográfica se genera típicamente mediante el registro en un material fotosensible del patrón de interferencia entre dos haces de luz coherentes. Así pues, cada lente holográfica (3, 5) del sistema de guiado de luz (1) comprende un material fotosensible donde previamente se ha registrado un patrón de interferencia.

En realizaciones preferentes de la invención, el material fotosensible de la primera lente holográfica (3) y/o la segunda lente holográfica (5) es un material de fase. En otras realizaciones, dicho material fotosensible es un material de amplitud. Un material fotosensible es de fase cuando al incidir luz en él cambia el índice de refracción o el espesor del mismo, de manera que, cuando una onda pasa a través de él, dicho material fotosensible modifica la

fase de la onda. Un material fotosensible se denomina de amplitud, cuando al ser iluminado por luz, cambia la absorción de la luz de dicho material fotosensible, por lo que al ser iluminado una vez generada la lente holográfica, modifica la amplitud de la onda, es decir, su intensidad. Un material de fase puede llegar a guiar el 100% de la luz que le incide, mientras que un material de amplitud no alcanza a guiar el 33% de la luz que le incide.

En otra realización preferente de la invención, el material fotosensible de la primera lente holográfica (3) y/o la segunda lente holográfica (5) está compuesto, al menos parcialmente, por al menos uno de los siguientes: uno o más fotopolímeros, una o más fotorresinas, una o más gelatinas dicromatadas. Preferentemente, el material fotosensible está compuesto por uno o más fotopolímeros. Ventajosamente, la generación de lentes holográficas con fotopolímeros requiere tratamientos mínimos de pre-procesado y post-procesado en comparación con otros materiales fotosensibles, como por ejemplo las fotorresinas o gelatinas dicromatadas.

Por otra parte, en otra realización preferente de la invención, el valor de la resolución del material fotosensible de la primera lente holográfica (3) y/o la segunda lente holográfica (5) es igual o menor que $0,5\ \mu\text{m}$. Preferiblemente, cuando la primera lente holográfica (3) y/o la segunda lente holográfica (5) son lentes holográficas de reflexión, dicho material fotosensible tiene un valor de resolución igual o menor que $0,2\ \mu\text{m}$. En la generación de lentes holográficas, un valor de resolución igual a $0,5\ \mu\text{m}$ equivale a ser capaz de registrar una densidad de franjas de interferencia aproximadamente igual a dos mil franjas por milímetro de material fotosensible. Por otro lado, un valor de resolución igual a $0,2\ \mu\text{m}$ equivale a ser capaz de registrar una densidad de franjas de interferencia aproximadamente igual a cinco mil franjas por milímetro de material fotosensible. En este contexto, las franjas son los máximos y mínimos del patrón de interferencia registrado en el material fotosensible.

En otra realización preferente de la invención, el índice de refracción del material fotosensible de la primera lente holográfica (3) y/o la segunda lente holográfica (5) es igual o mayor que 0,9 veces el índice de refracción del sustrato de guiado de onda (4), y menor igual que 1,1 veces el índice de refracción del sustrato de guiado de onda (4). Cuando la desviación del índice de refracción del material fotosensible de la lente holográfica (3, 5) respecto al índice de refracción del sustrato de guiado de onda (4) no es mayor que un $\pm 10\%$, dicha lente holográfica (3, 5) es más eficaz a la hora de guiar la luz hacia el interior/exterior del sustrato de guiado de onda (4). En este contexto, el índice de refracción del material fotosensible de cada lente holográfica (3, 5) es el que éste tiene cuando incide luz en el mismo. Por ejemplo,

como es sabido, si el material fotosensible es un material de fase, su índice de refracción en ocasiones es diferente cuando incide luz en dicho material fotosensible a cuando no incide luz en él, mientras que si el material fotosensible es un material de amplitud, el índice es el mismo incida o no luz en el material fotosensible. Por otro lado, preferentemente el índice de refracción del material fotosensible de la primera lente holográfica (3) y/o segunda lente holográfica (5) es mayor que el índice de refracción del medio en el que típicamente está embebido el sistema de guiado de luz (1).

Por otro lado, el grosor del material fotosensible de la primera lente holográfica (3) y/o la segunda lente holográfica (5) está preferentemente comprendido entre 5 μm y 20 μm , y más particularmente, entre 10 μm y 15 μm . En este contexto, el grosor del material fotosensible de cada lente holográfica (3, 5) es el que éste tiene cuando incide luz en el mismo. Por ejemplo, como es sabido, si el material fotosensible es un material de fase, su grosor en ocasiones es diferente cuando incide luz en dicho material fotosensible a cuando no incide luz en él. Dicha diferencia puede llegar a ser una reducción del grosor menor que un 5%. Por otro lado, si el material fotosensible (2) es un material de amplitud, el grosor es el mismo incida o no luz en el material fotosensible (2). Con los anteriores rangos de grosores, la primera lente holográfica (3) y/o la segunda lente holográfica (5) son típicamente EOHs de volumen. Un EOH de volumen es aquel que, cuando incide un haz de luz en el mismo, dicho EOH no divide el haz incidente en más de dos haces.

Asimismo, preferentemente la disposición de la primera lente holográfica (3) y la segunda lente holográfica (5) es tal que no hay aire entre dichas lentes holográficas (3, 5) y el sustrato de guiado de onda (4). En realizaciones preferentes de la invención, el material fotosensible de las lentes holográficas (3, 5) es tal que las superficies exteriores de las dichas lentes holográficas (3, 5) en contacto con el sustrato de guiado de onda (4) tienen propiedades adhesivas. Otras formas de disponer las lentes holográficas (3, 5) sobre las caras exteriores (10, 11) del sustrato de guiado de onda (4) son conocidas por el experto en la materia. Por ejemplo, se puede utilizar un pegamento o silicona transparentes, con un índice de refracción sustancialmente igual al del sustrato de guiado de onda (4). En este contexto, la expresión "sustancialmente" se interpretará aquí como igual o comprendida dentro de un rango de variación de $\pm 2\%$.

Por otra parte, en realizaciones preferentes de la invención, el proyector de imagen (2) tiene una anchura espectral inferior o igual a 40 nm. Generalmente, 40 nm es la anchura espectral de los proyectores de imagen (2) que comprenden LEDs.

En otra realización preferente de la invención, el proyector de imagen (2) tiene una resolución suficiente como para preferentemente generar la primera imagen (6) en formato de alta definición (en inglés, “High Definition”, o HD) y/o ultra alta definición (en inglés, “Ultra High Definition”, o UHD). En este contexto, el formato UHD se refiere a resoluciones 4K, 8K, y/o 16K

En otra realización preferente de la invención, el proyector de imagen (2) está configurado para emitir luz de cualquier combinación de colores de la paleta cromática (por ejemplo, un proyector RGB). En otras realizaciones, el proyector de imagen (2) está configurado para emitir luz monocromática, esto es, para emitir luz de un único color.

Por otro lado, en una realización de la invención, la luz que dirige el proyector de imagen (2) incide en la primera lente holográfica (3) por su primera superficie exterior, de manera sustancialmente perpendicular a la misma. En este sentido, la expresión “sustancialmente” dependerá del grosor de dicha primera lente holográfica (3). Como es sabido por el experto en la materia, la selectividad angular de una lente holográfica depende del grosor de la misma, siendo tanto más restrictiva la selectividad angular cuanto mayor es ese grosor. Así, por ejemplo, cuando la primera lente holográfica (3) tiene un grosor de 20 μm , y un rayo de luz incide por un punto de la primera superficie exterior de la misma de manera sustancialmente perpendicular, la expresión “sustancialmente” se interpreta como que la dirección de dicho rayo es paralela a la normal a dicha primera superficie exterior, con un rango de variación respecto a dicha dirección de $\pm 5^\circ$. Cuando, en otro ejemplo, el grosor es de 5 μm , la expresión “sustancialmente” se interpreta como que la dirección de dicho rayo es paralela a la normal a dicha primera superficie exterior, con un rango de variación respecto a dicha dirección de $\pm 10^\circ$. En el contexto anterior, típicamente la dirección normal a la primera superficie exterior de una lente holográfica se toma como la dirección que define el eje respecto al cual está centrado el patrón de interferencia registrado en el interior del material fotosensible de la lente holográfica. Así pues, la dirección normal de la primera superficie exterior de una lente holográfica queda fijada en la generación de la misma. Generalmente, la dirección normal a la primera superficie exterior de la lente holográfica es la dirección normal del punto situado en el centro de dicha primera superficie exterior, de manera que el patrón de interferencia de la lente holográfica está centrado respecto a la primera superficie exterior. En otros ejemplos, el patrón de interferencia no está centrado respecto a la primera superficie exterior de la lente holográfica, de modo que la dirección normal a la primera superficie exterior de la misma es la dirección normal de otro punto de dicha primera superficie exterior. En las Figuras 1 y 2 se

ha representado con una línea recta, un rayo de la luz dirigida por el proyector de imagen (2) que incide en la primera lente holográfica (3) por su primera superficie exterior, de manera perpendicular a la misma, de acuerdo con lo descrito anteriormente.

5 Con todo, el grosor del sustrato de guiado de onda (4) del sistema de guiado de luz (1) no tiene particular relevancia. Dicho grosor únicamente determina el número de reflexiones internas que tienen lugar dentro del sustrato de guiado de onda (4) cuando la luz se propaga por reflexión total en el interior del mismo. Ventajosamente, esto permite fácilmente adaptar
10 el sistema de guiado de luz (1) a las dimensiones particulares de los dispositivos de visión de AR tales como gafas inteligentes, cascos inteligentes, etc.

Asimismo, el sustrato de guiado de onda (4) no se limita a un sustrato de guiado de onda (4) de caras exteriores (10, 11) planas y paralelas como los de las Figuras 1 y 2. En otros ejemplos, dichas caras exteriores (10, 11) opuestas del sustrato de guiado de onda (4) son
15 curvadas (por ejemplo, un sustrato de guiado de onda (4) convexo o cóncavo). Las condiciones necesarias para que un rayo de luz se propague por reflexión total en el interior de un sustrato de guiado de onda (4) de cualquier forma geométrica son conocidas. Por ejemplo, considérese que el sustrato de guiado de onda (4) tiene caras exteriores (19, 20) curvadas, que es de vidrio con un índice de refracción igual a 1,5, y que el medio exterior en
20 el que dicho sustrato de guiado de onda (4) está embebido es aire con un índice de refracción igual a 1. En tal caso, un rayo de luz se propaga en el interior de dicho sustrato de guiado de onda (4) por reflexión total, cuando entre una primera reflexión en un primer punto de una cara exterior (10, 11) en el interior del sustrato de guiado de onda (4) y la reflexión inmediatamente posterior en un segundo punto de la cara exterior (10, 11) opuesta, el ángulo que forman la
25 dirección normal en el primer punto y la dirección normal en el segundo punto es, preferentemente, igual o inferior a unos 20°.

Además, la curvatura de las caras exteriores (10, 11) del sustrato de guiado de onda (4) no influye en los valores de las distancias entre el proyector de imagen (2), las lentes holográficas
30 (3, 5) y la segunda imagen (12) que definen el sistema 4f. En este sentido, el camino óptico de un rayo de luz que se propaga en el interior del sustrato de guiado de onda (4) por reflexión total, desde que es introducido por la primera lente holográfica (3) hasta que es extraído por la segunda lente holográfica (5), es sustancialmente igual al cociente entre la suma del primer valor focal f_1 y el segundo valor focal f_2 , y el índice de refracción del sustrato de guiado de
35 onda (4), independientemente de la curvatura de las caras exteriores (10, 11) del sustrato de

guiado de onda (4). De nuevo, la expresión “sustancialmente” se interpreta aquí como igual o comprendida dentro de un rango de variación de $\pm 0,5\%$.

REIVINDICACIONES

- 1.- Sistema de guiado de luz (1) que comprende, al menos, un proyector de imagen (2) configurado para generar luz en forma de una primera imagen (6), una primera lente
- 5 holográfica (3) que comprende un centro óptico y que tiene una distancia focal igual a un primer valor focal f_1 , una segunda lente holográfica (5) que comprende un centro óptico y que tiene una distancia focal igual a un segundo valor focal f_2 , y un sustrato de guiado de onda (4) que comprende una porción de entrada (7), una porción central (8) y una porción de salida (9), donde
- 10 el sustrato de guiado de onda (4) comprende, al menos, una primera cara exterior (10) y una segunda cara exterior (11) opuesta a dicha primera cara exterior (10);
- la primera lente holográfica (3) está dispuesta sobre una de las caras exteriores (10, 11) del sustrato de guiado de onda (4) en su porción de entrada (7);
- la segunda lente holográfica (5) está dispuesta sobre una de las caras exteriores (10,
- 15 11) del sustrato de guiado de onda (4) en su porción de salida (9);
- el proyector de imagen (2) está configurado para dirigir la luz que genera hacia la primera lente holográfica (3);
- la primera lente holográfica (3) está configurada para guiar la luz que recibe del proyector de imagen (2), hacia el interior de la porción de entrada (7) del sustrato de guiado
- 20 de onda (4);
- la porción central (8) del sustrato de guiado de onda (4) está configurada para guiar en su interior la luz guiada por la primera lente holográfica (3), desde la porción de entrada (7) hasta la porción de salida (9);
- la segunda lente holográfica (5) está configurada para recibir la luz guiada hasta la
- 25 porción de salida (9) por la porción central (8), y guiar dicha luz que recibe hacia el exterior de la porción de salida (9) del sustrato de guiado de onda (4); y
- la primera lente holográfica (3), la segunda lente holográfica (5) y el sustrato de guiado de onda (4) están configurados para que el sustrato de guiado de onda (4) guíe en su interior por reflexión total la luz generada por el proyector de imagen (2), de manera que, a partir de
- 30 la luz guiada por la segunda lente holográfica (5) hacia el exterior de la porción de salida (9) del sustrato de guiado de onda (4), se reproduce con una segunda imagen (12) la primera imagen (6) generada por el proyector de imagen (2);
- estando el sistema de guiado de luz (1) **caracterizado por que**
- la distancia entre el centro óptico de la primera lente holográfica (3) y el centro óptico
- 35 de la segunda lente holográfica (5) es sustancialmente igual a la suma del primer valor focal f_1 y el segundo valor focal f_2 ;

el proyector de imagen (2) comprende un plano imagen, donde dicho plano imagen está situado a una distancia del centro óptico de la primera lente holográfica (3) sustancialmente igual al primer valor focal f_1 ; y

la segunda imagen (12) que reproduce la primera imagen (6) generada por el proyector de imagen (2) está situada a una distancia del centro óptico de la segunda lente holográfica (5) sustancialmente igual al segundo valor focal f_2 .

2.- Sistema de guiado de luz (1) según la reivindicación 1, donde el segundo valor focal f_2 de la segunda lente holográfica (5) es mayor que el primer valor focal f_1 de la primera lente holográfica (3).

3.- Sistema de guiado de luz (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, donde la segunda lente holográfica (5) está configurada para guiar la luz que recibe del interior del sustrato de guiado de onda (4) hacia una pantalla (13), de manera que se proyecta en dicha pantalla (13) la segunda imagen (12) que reproduce la primera imagen (6) generada por el proyector de imagen (2);

alternativamente, la segunda lente holográfica (5) está configurada para guiar la luz que recibe del interior del sustrato de guiado de onda (4) hacia el ojo (14) de un usuario, de manera que el usuario ve la segunda imagen (12) que reproduce la primera imagen (6) generada por el proyector de imagen (2).

4.- Sistema de guiado de luz (1) según la reivindicación 3, donde la pantalla (13) es, al menos parcialmente, transparente.

5.- Sistema de guiado de luz (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde la primera lente holográfica (3) y/o la segunda lente holográfica (5) comprende al menos una de las siguientes: lente holográfica de transmisión, lente holográfica de reflexión, lente holográfica convergente, lente holográfica divergente.

6.- Sistema de guiado de luz (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde la primera lente holográfica (3) y/o la segunda lente holográfica (5) comprenden al menos una superficie exterior con propiedades adhesivas.

7.- Sistema de guiado de luz (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, donde la primera lente holográfica (3) y/o la segunda lente holográfica (5) comprenden un material fotosensible que cumple al menos una de las siguientes:

dicho material fotosensible es un material de fase o un material de amplitud;

dicho material fotosensible está compuesto, al menos parcialmente, por al menos uno de los siguientes: uno o más fotopolímeros, una o más fotorresinas, una o más gelatinas dicromatadas;

5 el valor de la resolución de dicho material fotosensible es igual o menor que $0,5\ \mu\text{m}$;

el índice de refracción de dicho material fotosensible es igual o mayor que 0,9 veces el índice de refracción del sustrato de guiado de onda (4), y menor igual que 1,1 veces el índice de refracción del sustrato de guiado de onda (4);

10 el grosor de dicho material fotosensible está comprendido entre $5\ \mu\text{m}$ y $20\ \mu\text{m}$, y más particularmente, entre $10\ \mu\text{m}$ y $15\ \mu\text{m}$.

8.- Sistema de guiado de luz (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, donde el sustrato de guiado de onda (4) es transparente.

15 9.- Sistema de guiado de luz (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, donde la luz que dirige el proyector de imagen (2) incide en la primera lente holográfica (3) por la primera superficie exterior de la misma, de manera sustancialmente perpendicular a dicha primera superficie exterior.

20 10.- Sistema de guiado de luz (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, donde el proyector de imagen (2) es uno de los siguientes: un proyector basado en uno o más moduladores espaciales de luz, un proyector láser.

25 11.- Sistema de guiado de luz (1) según la reivindicación 10, donde el proyector de imagen (2) es uno de los siguientes: un proyector LCD, un proyector DLP.

30 12.- Sistema de guiado de luz (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, donde el proyector de imagen (2) está configurado para al menos una de la siguientes: generar la primera imagen (6) en formato de alta definición y/o ultra alta definición, emitir luz de cualquier combinación de colores, emitir luz monocromática.

13.- Sistema de guiado de luz (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, donde el proyector de imagen (2) tiene una anchura espectral inferior o igual a $40\ \text{nm}$.

35 14.- Dispositivo de visión de realidad aumentada que comprende un sistema de guiado de luz (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-13.

15.- Dispositivo de visión de realidad aumentada según la reivindicación 14, donde el dispositivo de visión de realidad aumentada comprende uno de los siguientes: unas gafas inteligentes, un casco inteligente, una luna de un vehículo.

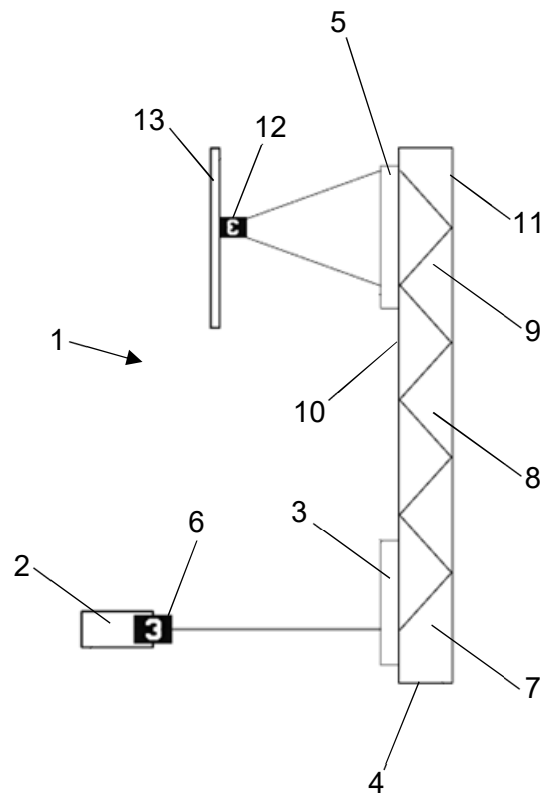


FIG. 1

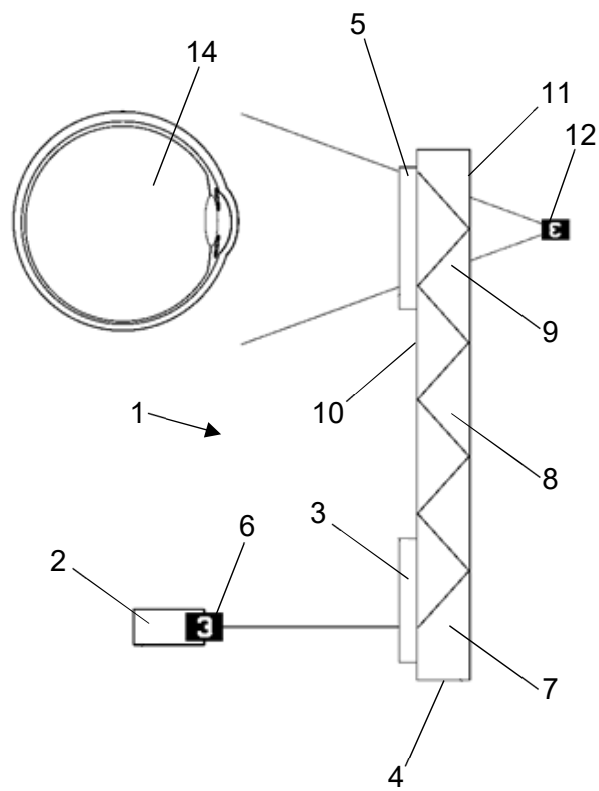


FIG. 2



21 N.º solicitud: 202330552
22 Fecha de presentación de la solicitud: 03.07.2023
32 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

51 Int. cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	56 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	GB 2539166 A (COLOUR HOLOGRAPHIC LTD) 14/12/2016, párrafos, 57, 62 (líneas 10-12), párrafo 67, figuras 2 y 3, reivindicación 1	1-15
Y	CN 110196545 A (CHENGDU HUAPING TECH CO LTD et al.) 03/09/2019, figura 1.	1-15
A	WO 2019010857 A1 (SVG OPTRONICS, CO., LTD) 17/01/2019, descripción, página 10, párrafo 1, línea 13 y reivindicaciones 22 y 24.	1-15
A	US 2020183079 A1 (LEISTER NORBERT) 11/06/2020, párrafos 70 y 71, reivindicación 14.	1-15
A	US 2010157400 A1 (DIMOV FEDOR et al.) 24/06/2010, párrafos 83 y 133, figuras 16 y 29.	1-15
Categoría de los documentos citados X: de particular relevancia Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría A: refleja el estado de la técnica O: referido a divulgación no escrita P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud		
El presente informe ha sido realizado ☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:		
Fecha de realización del informe 28.05.2024	Examinador C. Ortiz Martínez	Página 1/3



- 21 N.º solicitud: 202330552
22 Fecha de presentación de la solicitud: 03.07.2023
32 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

51 Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	56 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	ISELA D. HOWLETT et al.: "Perspective correct occlusion-capable augmented reality displays using cloaking optics", 15/09/2017, Vol. 25, Páginas 185-193 [en línea] [recuperado el 28/05/2024]., DOI: 10.1002/jsid.545. Figuras 2 y 3, párrafo 2.	1-15
A	COLLADOS M. V. et al.: "Lentes holográficas para procesadores ópticos acromáticos y anamórficos". Óptica Pura y Aplicada, 01/04/2009, Vol. 42, Páginas 91-101 [en línea] [recuperado el 28/05/2024]. Recuperado de Internet, URL: https://www.sedoptica.es/Menu_Volumenes/Pdfs/332.pdf . Todo el documento.	1-15
Categoría de los documentos citados X: de particular relevancia Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría A: refleja el estado de la técnica O: referido a divulgación no escrita P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud		
El presente informe ha sido realizado ☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:		
Fecha de realización del informe 28.05.2024	Examinador C. Ortiz Martínez	Página 2/3

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G02B27/01 (2006.01)

G02B5/32 (2006.01)

G03H1/16 (2006.01)

G02B27/02 (2006.01)

G02B27/42 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G02B, G03H

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

AbS, Internet, WPIAP