

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 235**

51 Int. Cl.:

G02B 27/01 (2006.01)

G03H 1/30 (2006.01)

G03H 1/04 (2006.01)

G03H 1/02 (2006.01)

G03H 1/22 (2006.01)

H04N 9/31 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.03.2017 PCT/GB2017/050585**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.09.2017 WO17149328**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2017 E 17709776 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019 EP 3268816**

54 Título: **Sistema de visualización**

30 Prioridad:

03.03.2016 GB 201603703

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

14.11.2019

73 Titular/es:

**DUALITAS LTD. (100.0%)
1a Garforth Place, Knowlhill
Milton Keynes MK5 8PG, GB**

72 Inventor/es:

CHRISTMAS, JAMIESON

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 731 235 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

Sistema de visualización

Campo

5 La presente descripción se refiere a un sistema de visualización. Más específicamente, la presente descripción se refiere a un sistema de visualización en color. Aún más específicamente, la presente descripción se refiere a un proyector holográfico en color. Las realizaciones se refieren a un dispositivo de visualización frontal y cercano al ojo.

Introducción y antecedentes

10 La luz dispersada desde un objeto contiene una información de amplitud y de fase. Esta información de amplitud y de fase puede ser captada en, por ejemplo, una placa fotosensible mediante técnicas de interferencia bien conocidas para formar una grabación holográfica, u "holograma" que comprende franjas de interferencia. El "holograma" puede ser reconstruido iluminándolo con una luz apropiada para formar una reconstrucción holográfica, o reproducir la imagen, representativa del objeto original.

15 Se ha encontrado que una reconstrucción holográfica de calidad aceptable puede ser formada a partir de un "holograma" que contiene una información solamente de fase relacionada con el objeto original. Tales grabaciones holográficas pueden ser denominadas hologramas sólo de fase. La holografía generada por ordenador puede simular numéricamente el proceso de interferencia, usando técnicas de Fourier por ejemplo, para producir un holograma solamente de fase generado por ordenador. Un holograma solamente de fase generado por ordenador puede ser usado para producir una reconstrucción holográfica representativa de un objeto.

20 El término "holograma" se refiere por lo tanto a la grabación que contiene una información sobre el objeto y que puede ser usada para formar una reconstrucción representativa del objeto. El holograma puede contener información sobre el objeto en el dominio de la frecuencia, o de Fourier.

25 Un holograma sólo de fase generado por ordenador puede ser "pixelado". Esto es, el holograma sólo de fase puede ser representado sobre una matriz de elementos de fase discretos. Cada elemento discreto puede ser denominado un "pixel". Cada pixel puede actuar como un elemento modulador de la luz tal como un elemento de modulación de fase. Un holograma sólo de fase generado por ordenador puede por lo tanto ser representado sobre una matriz de elementos moduladores de fase tal como un modulador de luz espacial (SLM) de cristal líquido. El SLM puede ser reflectante, lo que significa que la luz modulada es producida desde el SLM en reflexión.

30 Cada elemento de modulación de fase, o pixel, puede variar de estado para producir un retardo de fase de la luz incidente sobre ese elemento de modulación de fase. Una matriz de elementos de modulación de fase, tal un SLM de Cristal Líquido Sobre Silicio (LCOS), puede por lo tanto representar (o "visualizar") una distribución de retardo de fase computacionalmente determinada. Si la luz incidente sobre la matriz de elementos moduladores de fase es coherente, la luz será modulada con la información holográfica, u holograma. La información holográfica puede ser en el dominio de la frecuencia, o de Fourier.

35 Alternativamente, la distribución de retardo de fase puede ser grabada en un kinoform. La palabra "kinoform" puede ser usada generalmente para denominar una grabación holográfica sólo de fase, u holograma.

El retardo de fase puede ser cuantificado. Esto es, cada pixel puede ser fijado en uno de un número discreto de niveles de fase.

40 La distribución de retardo de fase puede ser aplicada a una onda de luz incidente (iluminando el LCOS SLM, por ejemplo) y reconstruida. La posición de la reconstrucción en el espacio puede ser controlada usando una lente transformada de Fourier óptica para formar la reconstrucción holográfica, o "imagen", en el dominio espacial. Alternativamente, no es necesaria una lente transformada de Fourier si la reconstrucción tiene lugar en el campo lejano.

45 Un holograma generado por ordenador puede ser calculado de varias formas, incluyendo el uso de algoritmos tales como el de Gerchberg-Saxton. El algoritmo de Gerchberg-Saxton puede ser usado para obtener información de fase en el dominio de Fourier a partir de una información de la amplitud en el dominio espacial (tal como una imagen en 2D). Esto es, la información de fase relacionada con el objeto puede ser "recuperada" a partir de la intensidad, o amplitud, sólo información en el dominio espacial. En consecuencia, se puede calcular una representación holográfica sólo de fase de un objeto.

50 La reconstrucción holográfica puede ser formada iluminando el holograma del dominio de Fourier y realizando una transformada de Fourier óptica, que usa una lente de transformada de Fourier, por ejemplo, para formar una imagen (reconstrucción holográfica) en un campo de reproducción tal como sobre una pantalla.

La Figura 1 muestra un ejemplo de usar un SLM, tal como un LCOS-SLM, para producir una reconstrucción holográfica en un lugar del campo de reproducción, de acuerdo con la presente descripción.

Una fuente de luz (110), por ejemplo un láser o diodo de láser, está dispuesto para iluminar el SLM (140) por medio de una lente colimadora (111). La lente colimadora produce un frente de ondas generalmente plano de luz para llegar a ser incidente sobre el SLM. La dirección del frente de ondas está ligeramente fuera de la normal (por ejemplo, dos o tres grados alejada de ser verdaderamente ortogonal al plano de la capa transparente). La disposición es tal que la luz procedente de la fuente de luz es reflejada en una superficie posterior espejada del SLM e interactúa con una capa de modulación de fase para formar un frente de ondas saliente (112). El frente de ondas (112) saliente se aplica en óptica incluyendo una lente (120) de transformada de Fourier, que tiene su foco en una pantalla (125).

La lente (120) de transformada de Fourier recibe un haz de luz de fase modulada que sale del SLM y realiza una transformación frecuencia-espacio para producir una reconstrucción holográfica en la pantalla (125) en el dominio espacial.

En este proceso, la luz en el caso de un sistema de proyección de imágenes, la luz visible procedente de la fuente de luz es distribuida a través del SLM (140), y a través de la capa moduladora de la fase (es decir, la matriz de elementos moduladores de fase). La luz que sale de la capa moduladora de la fase puede ser distribuida a través del campo de reproducción. Cada pixel del holograma contribuye a la imagen de reproducción como un todo. Esto es, no existe una correlación uno a uno entre puntos específicos sobre la imagen de reproducción y los elementos de modulación de fase específicos.

El algoritmo de Gerchberg-Saxton considera el problema de la recuperación de fase cuando son conocidas las secciones transversales de un haz de luz, $I_A(x,y)$ e $I_B(x,y)$ en los planos A y B respectivamente, e $I_A(x,y)$ e $I_B(x,y)$ están relacionadas por una única transformada de Fourier. Con las secciones transversales de intensidad dada, se encuentra una aproximación a la distribución de fase en los planos A y B, $\Phi_A(x,y)$ y $\Phi_B(x,y)$ respectivamente. El algoritmo de Gerchberg-Saxton encuentra soluciones a este problema siguiendo un proceso iterativo.

El algoritmo de Gerchberg-Saxton aplica iterativamente unas limitaciones espaciales y espectrales mientras que repetidamente transfiere un conjunto de datos (amplitud y fase), representativo de $I_A(x,y)$ e $I_B(x,y)$, entre el dominio espacial y el dominio (espectral) de Fourier. Las limitaciones espaciales y espectrales son $I_A(x,y)$ e $I_B(x,y)$ respectivamente. Las limitaciones en el dominio espacial o espectral son impuestas a la amplitud del conjunto de datos. La correspondiente información de fase se recupera a través de una serie de iteraciones.

Un proyector holográfico puede ser dispuesto usando tal tecnología. Tales proyectores han encontrado aplicación en dispositivos de visualización frontales para vehículos y dispositivos cercanos al ojo, por ejemplo.

Una reconstrucción holográfica en 2D en color puede ser producida y hay dos métodos principales para realizarla. Uno de estos métodos es conocido como "cuadro de color secuencial" (FSC). En un sistema FSC se usan tres láseres (rojo, verde y azul) y cada laser es disparado en sucesión en el SLM para producir cada cuadro del video. Los colores son en ciclos (rojo, verde, azul, rojo, verde, azul, etc) a una velocidad suficientemente rápida de modo que un espectador humano vea una imagen policroma a partir de una combinación de los tres láseres. Por lo tanto, cada holograma es específico del color. Por ejemplo, en un video a 25 cuadros por segundo, el primer cuadro sería reproducido disparando el laser rojo a $1/75^{\text{ésima}}$ de segundo, a continuación el laser verde sería disparado a $1/75^{\text{ésima}}$ de segundo, y finalmente el laser azul sería disparado a $1/75^{\text{ésima}}$ de segundo. El siguiente cuadro sería a continuación producido, comenzando con el laser rojo, y así sucesivamente.

Otro método alternativo, que será denominado como "colores separados espacialmente" (SSC) implica que los tres láseres sean disparados al mismo tiempo, pero tomando diferentes caminos ópticos, por ejemplo cada uno usando un SLM diferente o áreas espaciales diferentes en el mismo SLM, y después combinándolos para formar la imagen de color.

Una ventaja del método SSC (colores separados espacialmente) es que la imagen es más brillante debido a que los tres láseres son disparados al mismo tiempo. No obstante, si debido a las limitaciones de espacio se requiere usar sólo un SLM, el área superficial del SLM puede ser dividida en tres parte iguales, actuando en efecto como tres SLMs separados. La desventaja de esto es que disminuye la calidad de cada imagen de un único color. La calidad de la imagen policromática por lo tanto también disminuye en consecuencia. La disminución del área superficial del SLM significa que se pueden usar menos píxeles, reduciendo así la calidad de la imagen.

Los sistemas holográficos de visualización del color tienen dos problemas importantes. Primero, un desajuste entre el tamaño físico de las diferentes reconstrucciones holográficas de color. Segundo, la imagen de color compuesta es de baja calidad debido a un desajuste de la resolución entre las diferentes reconstrucciones holográficas de color.

La presente descripción se refiere al menos a estos problemas.

Compendio

La invención es relatada en las reivindicaciones independientes anejas. Otros aspectos de la invención son relatados en las reivindicaciones dependientes.

- 5 Se ha dispuesto un sistema de visualización de color que comprende un sistema óptico y un sistema de procesamiento, comprendiendo el sistema óptico uno o más moduladores de luz espaciales dispuestos para visualizar datos holográficos en el dominio de Fourier, múltiples fuentes de luz dispuestas para iluminar el o los moduladores de luz espaciales, un sistema de visión dispuesto para producir una imagen virtual de la reconstrucción holográfica en 2D, y en donde el sistema de procesamiento está dispuesto para combinar datos del dominio de Fourier representativos de una imagen en 2D con datos del dominio de Fourier representativos de una lente de fase única para cada color para producir unos primeros datos holográficos, y proporcionar los primeros datos holográficos al sistema óptico para producir una imagen virtual.
- 10 Los datos del dominio de Fourier representativos de cada imagen de color en 2D pueden ser combinados con datos del dominio de Fourier representativos de una lente de fase única, en donde la longitud focal de la lente de fase única sea inversamente proporcional a la longitud de onda del color.
- El bloque de orden cero puede ser formado sobre un espejo dicróico.
- El modulador de luz espacial puede ser un modulador de luz espacial LCOS reflectante.
- La potencia óptica de la lente de fase única puede ser controlada por el usuario.
- 15 El sistema de visualización puede comprender una visualización cercana al ojo.
- La visualización puede ser parte de un HUD.
- Los campos de reproducción pueden ser espacialmente remotos del espectador.
- El sistema de visualización puede además comprender un filtro espacial configurado para bloquear selectivamente al menos un orden de difracción de la reconstrucción holográfica en 2D y opcionalmente el orden cero.
- 20 El sistema de visualización puede incluir una lente transformada de Fourier y un bloque el orden cero dispuesto para producir una reconstrucción holográfica en 2D en el dominio espacial que corresponde a los datos holográficos.
- Las imágenes virtuales pueden ser cuadros secuenciales de un video en 2D.
- La matriz pixelada puede constar de píxeles que tienen un diámetro menor de 15 μm .
- 25 En algunas realizaciones el holograma se calcula usando un algoritmo basado en el algoritmo de Gerchberg-Saxton tal como está descrito en la patente inglesa 2.498.170 o 2.501.112. No obstante, algunas realizaciones se refieren a la holografía de Fourier y a los algoritmos de tipo Gerchberg-Saxton a modo de ejemplo solamente. La presente descripción es igualmente aplicable a la holografía de Fresnel y a los hologramas calculados por otras técnicas tales como las basadas en métodos de nubes de puntos.
- 30 El término "holograma" se usa para referirse a la grabación que contiene información de amplitud y/o de fase sobre el objeto. El término "reconstrucción holográfica" se usa para referirse a la reconstrucción óptica del objeto que es formado iluminando el holograma. El término "campo de repetición" se usa para referirse al plano en el espacio en donde se ha formado la reconstrucción holográfica. Los términos "imagen" y "zona de imagen" se refieren a las áreas del campo de reproducción iluminadas por la luz que forma la reconstrucción holográfica. En las realizaciones, la "imagen" puede comprender marcas luminosas que pueden ser denominados como "píxeles de imagen".
- 35 Los términos "codificación", "escritura" o "direccionamiento" se usan para describir el proceso de proporcionar la pluralidad de píxeles del SLM con respecto a una pluralidad de valores de control que respectivamente determinan el nivel de modulación de cada píxel. Se puede decir que los píxeles del SLM están configurados para "visualizar" una distribución de modulación de luz en respuesta a recibir la pluralidad de valores de control.
- 40 En algunas realizaciones el modulador de luz espacial es una luz espacial de fase única. Estas realizaciones son ventajosas debido a que no se pierde energía óptica modulando la amplitud. Por consiguiente, se dispone un sistema de proyección holográfica eficiente. No obstante, la presente descripción puede ser igualmente aplicada en un modulador de luz espacial de sólo amplitud o en un modulador de amplitud y fase. Se puede entender que el holograma será correspondientemente de fase única, amplitud única o totalmente complejo.
- 45 El término "luz" se usa aquí en su sentido más amplio. Algunas realizaciones son igualmente aplicables a la luz visible, luz infrarroja y luz ultravioleta, y cualquier combinación de ellas.
- Se hace referencia a los datos holográficos que comprenden un componente de imagen y un componente de lente para reflejar que los datos holográficos se forman por la combinación (tal como una adición vectorial) del primer dato holográfico que corresponde a la imagen y de los segundos datos holográficos que colectivamente proporcionan un efecto de lente a la luz recibida. En algunas realizaciones aquí descritas, cada dato holográfico es una matriz en 2D de valores de datos. Puede decirse que Los primeros datos holográficos corresponden a la imagen debido a que contienen una información suficiente para formar –tal como recrear o reconstruir- la imagen. En algunas realizaciones aquí descritas se puede decir que el primer dato holográfico que corresponde a una imagen debido a que es una

representación del dominio de frecuencia (o Fourier) de la imagen. Se puede decir que los segundos datos holográficos para disponer colectivamente un efecto de lente a la luz recibida debido a que su efecto sobre la luz recibida es el mismo que el de una lente física. Se dan unos ejemplos en la descripción detallada de cómo se puede conseguir esto. El segundo dato holográfico puede ser determinado computacionalmente (o "definido por el soporte lógico") para proporcionar cualquier efecto o función de lente concebible -tal como la potencia óptica positiva, la potencia óptica negativa o la corrección de aberración, por ejemplo. En algunas realizaciones aquí descritas, el segundo dato holográfico funciona como una lente transformada de Fourier. Esto es, manipula la luz recibida de la misma manera que una óptica transformada de Fourier apropiadamente situada tal como una lente transformada de Fourier. En algunas de tales realizaciones los segundos datos holográficos realizan una transformada de Fourier óptica de los primeros datos holográficos. A este respecto, se puede entender que los datos holográficos comprenden un primer componente responsable de proporcionar una primera función óptica (es decir, que modula la luz con datos correspondientes a la imagen) y un segundo componente responsable de proporcionar una segunda función óptica (es decir, una transformada de Fourier).

El término "definido por el soporte lógico" (o controlable por el soporte lógico) se usa para reflejar que los datos son datos computacionales o datos de soporte lógico que pueden ser cambiados o variados -incluso cambiados o variados en tiempo real- usando un soporte lógico que se ejecuta en un ordenador. A este respecto, los datos pueden ser considerados dinámicamente variables o simplemente "dinámicos".

Algunas realizaciones describen reconstrucciones holográficas en 1D y en 2D a modo de ejemplo solamente. En otras realizaciones la reconstrucción holográfica es una reconstrucción holográfica en 3D. Esto es, en algunas realizaciones cada holograma generado por ordenador forma una construcción holográfica en 3D.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones específicas, basadas en la tecnología antes descrita, seguirán a modo de ejemplo solamente. Se apreciará que se pueden hacer variaciones de rutina para alterar los detalles específicos aquí dispuestos. Los ejemplos se describen con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la Figura 1 es un esquema que muestra un SLM reflectante, tal como un LCOS, dispuesto para producir una reconstrucción holográfica en un lugar del campo de reproducción;

la Figura 2 representa una reconstrucción holográfica de color compuesta de acuerdo con la técnica anterior;

la Figura 3 representa una primera realización; y

la Figura 4 representa una segunda realización.

En las figuras números de referencia iguales se refieren a las mismas piezas.

Descripción detallada de los dibujos

La presente invención no está limitada a las realizaciones descritas en lo que sigue pero se extiende al total alcance de las reivindicaciones anejas. Esto es, la presente invención puede ser realizada en diferentes formas y no debería ser considerada como limitada a las realizaciones descritas, que son expuestas con fines ilustrativos.

Una estructura descrita como estando formada en una porción superior/inferior de otra estructura o sobre/debajo de la otra estructura debería ser considerada como que incluye un caso en el que las estructuras hacen contacto entre sí y, además, un caso en el que una tercera estructura está dispuesta entre ellas.

Describiendo una relación de tiempo -por ejemplo, cuando el orden temporal de sucesos es descrito como "después", "subsiguiente", "siguiente", "antes" o tales- la presente descripción deberá ser tomada para incluir sucesos continuos y no continuos a menos que se especifique de otro modo. Por ejemplo, la descripción debería ser tomada para incluir un caso que no es continuo a menos que se use la redacción tal como "justo", "inmediato" o "directo".

Las características de realizaciones diferentes pueden estar parcialmente o en general acopladas a o combinadas entre sí, y pueden ser diversamente operadas entre ellas. Algunas realizaciones pueden ser realizadas independientemente unas de otras, o pueden ser realizadas conjuntamente en una relación de dependencia conjunta.

En resumen, un modulador de luz espacial (SLM) forma una matriz de elementos de modulación de fase que forman colectivamente una representación de fase solamente de una imagen deseada que puede ser reconstruida para iluminar correctamente el SLM, para formar un proyector. La distribución de fase solamente puede ser denominada como un holograma. Una lente transformada de Fourier se usa para transformar la grabación holográfica, la cual representa el objeto para reconstrucción, en una "imagen". La imagen puede describirse como la reconstrucción holográfica. Los elementos de modulación individuales del SLM pueden ser denominados píxeles. En las realizaciones, las reconstrucciones holográficas de color compuestas son dispuestas para combinar una pluralidad de reconstrucciones holográficas monocromáticas.

La luz es incidente a través de la capa de modulación de fase (es decir, la matriz de elementos de modulación de fase) del SLM. La luz modulada que sale de la capa de modulación de fase se distribuye a través del campo de repetición. Notablemente, en los tipos de holografía descritos cada pixel del holograma contribuye a la reconstrucción total. Esto es, no existe una correlación uno a uno entre puntos específicos en el campo de repetición y los elementos de modulación de fase específicos.

La posición de la reconstrucción holográfica en el espacio está determinada por la potencia dióptrica (enfoque) de la lente transformada de Fourier. En algunas realizaciones la lente transformada de Fourier es una lente física según el ejemplo mostrado en la Figura 1. Esto es, la lente transformada de Fourier es una lente transformada de Fourier óptica y la transformación de Fourier se realiza ópticamente. Cualquier lente puede actuar como una lente transformada de Fourier aunque el rendimiento de la lente limitará la precisión de la transformada de Fourier que realiza. La persona experta entiende cómo usar una lente para realizar una transformada de Fourier óptica. No obstante, en otras realizaciones la transformada de Fourier se realiza computacionalmente incluyendo datos de la lente en los datos holográficos. Esto es, el holograma incluye datos representativos de una lente así como datos que representan el objeto.

Es conocido en el campo de hologramas generados por ordenador cómo calcular los datos holográficos representativos de una lente. Los datos holográficos representativos de una lente pueden ser denominados una lente definida por el soporte lógico o lente de soporte lógico. Por ejemplo, una lente holográfica de fase única puede formarse calculando el retardo de fase causado por cada punto de la lente debido a su índice de refracción y la longitud del camino óptico variante espacialmente. Por ejemplo, la longitud del camino óptico en el centro de una lente convexa es mayor que la longitud del camino óptico en los bordes de la lente. Una lente holográfica de sólo amplitud puede ser formada por una placa de zona de Fresnel. También se conoce en la técnica de hologramas generados por ordenador cómo combinar holográficamente los datos representativos de una lente con los datos holográficos representativos del objeto de modo que se pueda realizar una transformada de Fourier sin necesidad de una lente de Fourier física. En algunas realizaciones los datos de lentes son combinados con los datos holográficos mediante una simple adición vectorial. En algunas realizaciones se usa una lente física conjuntamente con una lente de soporte lógico para realizar la transformación de Fourier. Alternativamente, en otras realizaciones la lente transformada de Fourier se omite totalmente de modo que la reconstrucción holográfica se realice en el campo lejano. En otras realizaciones el holograma puede incluir datos de rejilla –esto es, datos dispuestos para realizar la función de una rejilla como la dirección del haz. Nuevamente, es conocido en el campo de hologramas generados por ordenador cómo calcular tales datos holográficos y combinarlos con los datos holográficos representativos del objeto. Por ejemplo, una rejilla holográfica de fase solamente puede ser formada modelando el retardo de fase causado por cada punto sobre la superficie de una rejilla marcada. Una rejilla holográfica de sólo amplitud puede ser simplemente superpuesta sobre un holograma de sólo amplitud representativo de un objeto para proporcionar una dirección angular de un holograma de sólo amplitud.

El denominado “longitud de camino de Fourier” es la longitud del camino óptico desde la lente transformada de Fourier a la correspondiente reconstrucción holográfica. El tamaño de la reconstrucción holográfica, l , está relacionado con el camino de Fourier como sigue:

$$l[x, y] = 2 \cdot f \cdot \tan \left(\sin^{-1} \left(\frac{\lambda}{2 \cdot p[x, y]} \right) \right) \quad (1)$$

en donde f es la longitud del camino de Fourier, λ es la longitud de onda de la luz y p es el tamaño del pixel en el SLM.

Se puede por lo tanto entender que para cualesquiera longitud del camino de Fourier dada y tamaño del pixel del modulador de luz espacial, pueden resultar diferentes tamaños de reconstrucción del holograma para colores diferentes. Por ejemplo:

$$f = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Rojo } (\lambda_r) = 640 \text{ nm}$$

$$\text{Verde } (\lambda_g) = 532 \text{ nm}$$

$$\text{Azul } (\lambda_b) = 450 \text{ nm}$$

$$p[x, y] = 8 \text{ um}$$

Esto da lugar a tres reconstrucciones de tamaño diferente:

Rojo = 24,02 mm

Verde = 19,96 mm, y

Azul = 16,88 mm.

5 En los sistemas anteriores, como la longitud del camino de Fourier es la misma para todos los canales de color, resultará la reconstrucción del holograma como se muestra en la Figura 2.

La Figura 2 representa una reconstrucción holográfica roja 201, una reconstrucción holográfica verde 203 y una reconstrucción holográfica azul 205 alineada coaxialmente en un plano de reproducción.

10 La imagen de color completo mayor (el área en la que se solapan el rojo, el verde y el azul) está limitada por el tamaño de la reconstrucción del holograma azul. Esto presenta un problema adicional: es conveniente calcular la reconstrucción del holograma usando una única máquina de cálculo. Idealmente, la misma resolución sería calculada para cada imagen, sin embargo, si éste fuera el caso, la resolución de cada color de la imagen a todo color sería diferente. Por ejemplo:

Resolución de holograma $[X,Y] = 1024 \times 1024$

Área a todo color: Resolución azul $[X,Y] = 1024$

15 Área a todo color: Resolución verde $[X,Y] = 1024/19,96\text{mm} \cdot 16,88 \text{ mm} = 866$

Área a todo color: Resolución roja $[X,Y] = 1024/24,02\text{mm} \cdot 16,88 \text{ mm} = 720$

No es conveniente para longitudes de onda individuales (colores) tener resoluciones diferentes dentro del área de la imagen a todo color, ya que esto lleva a una degradación de la calidad de la imagen.

20 Una solución es variar la resolución del holograma calculado para asegurar todos los colores tengan la misma resolución con el área a todo color.

La resolución se determina como sigue:

Área a todo color: Resolución azul $[X,Y] = 1024$

Área a todo color: Resolución verde $[X,Y] = 1024/16,88\text{mm} \cdot 19,96 \text{ mm} = 1210$

Área a todo color: Resolución roja $[X,Y] = 1024/16,88\text{mm} \cdot 24,02 \text{ mm} = 1458$

25 No obstante, computacionalmente, esto no es conveniente debido a que el canal azul es una potencia de 2 números (es decir, $2^{10} = 1024$) y se calcula eficientemente usando un FFT. Los canales Rojo y Verde no son números largos de potencias de 2 y de modo más importante son de una resolución significativamente mayor. Dado que las necesidades de cálculo de los FFT son logarítmicas, cualquier aumento de la resolución no es conveniente.

30 Los inventores han reconocido que es ventajoso usar diferentes longitudes del camino de Fourier para cada canal de color. Las diferentes longitudes del camino de Fourier se determinan mediante el uso de lentes de Fourier.

35 Se ha proporcionado por lo tanto un sistema de visualización que comprende una primera pluralidad de píxeles dispuestos para visualizar unos primeros datos holográficos correspondientes a una primera reconstrucción holográfica y recibir luz de una primera longitud de onda; una segunda pluralidad de píxeles dispuestos para visualizar unos segundos datos holográficos correspondientes a una segunda reconstrucción holográfica y recibir luz de una segunda longitud de onda menos que la primera longitud de onda; una primera lente transformada de Fourier dispuesta para recibir luz modulada espacialmente que tiene una primera longitud de onda desde una pluralidad de píxeles y realizar una transformada de Fourier óptica de la luz recibida para formar la primera reconstrucción holográfica en un plano de reproducción, en donde la primera reconstrucción holográfica está formada por luz en la primera longitud de onda; una segunda lente transformada de Fourier dispuesta para recibir luz modulada espacialmente que tiene una segunda longitud de onda desde la segunda pluralidad de píxeles y realizar una transformada de Fourier óptica de la luz recibida para formar la segunda reconstrucción holográfica en el plano de reproducción, en donde la segunda reconstrucción holográfica está formada de luz en la segunda longitud de onda, en donde la longitud del camino óptico desde la primera lente transformada de Fourier al plano de reproducción es menor que la longitud del camino óptico desde la segunda lente transformada de Fourier al plano de reproducción.

45 En la Figura 3 se muestra una realización en la que las respectivas longitudes de camino de Fourier son diferentes.

La Figura 3 muestra tres canales de color a modo de ejemplo solamente. La presente descripción es igualmente aplicable a cualquier pluralidad de canales de luz. El primer canal de color comprende un primer SLM 301 dispuesto para recibir una luz azul 303 por medio de un primer divisor de haz 305. La luz azul es modulada espacialmente por el SLM 301. La modulación de fase proporcionada por el SLM 301 comprende un componente de imagen y un componente de lente de Fourier. El SLM 301 es reflejado y la luz modulada espacialmente es dirigida al plano de

reproducción 350 por un espejo 307. Opcionalmente, el espejo 307 comprende una abertura para eliminar la luz difractada de orden cero procedente del SLM 310. Igualmente, se ha dispuesto un canal verde que comprende un segundo SLM 311 dispuesto para recibir una luz verde 313 por medio de un segundo divisor de haz 315. La luz verde es modulada espacialmente por el segundo SLM 311. La modulación de fase proporcionada por el segundo SLM 311 comprende un componente de imagen y un componente de lente de Fourier. El segundo SLM 311 es reflejado y la luz modulada espacialmente es dirigida al plano de reproducción 350 por un segundo espejo 317. Opcionalmente, el segundo espejo 317 comprende una abertura para eliminar la luz difractada de orden cero procedente del segundo SLM 311. Además igualmente, se ha proporcionado un canal rojo que comprende un tercer SLM 321 dispuesto para recibir una luz roja 323 por medio de un tercer divisor de haz 325. La luz roja es modulada espacialmente por el tercer SLM 321. La modulación de fase proporcionada por el tercer SLM 321 comprende un componente de imagen y un componente de lente de Fourier. El tercer SLM 321 es reflejado y la luz modulada espacialmente es dirigida al plano de reproducción 350 por un tercer espejo 327. Opcionalmente, el tercer espejo 327 comprende una abertura para eliminar la luz difractada de orden cero procedente del tercer SLM 321. En algunas realizaciones una superficie que recibe la luz –tal como una pantalla o difusor- está situada en el campo de reproducción 350.

En la Figura 3 la longitud 309 del primer camino óptico desde el SLM 301 al plano de reproducción es mayor que la longitud 319 del segundo camino óptico desde el segundo SLM 311 al campo de reproducción que, a su vez, es mayor que la tercera longitud 329 del camino óptico desde el tercer SLM 321 al campo de reproducción. Cada longitud de camino óptico puede denominarse “longitud de camino de Fourier” para ese canal debido a que la lente de Fourier está efectivamente en el SLM. Por lo tanto se puede comprender que la longitud del camino de Fourier es dependiente de la longitud de onda, y es inversamente proporcional a la longitud de onda. Cada camino de Fourier comprende un espejo respectivo, en donde al menos uno de los respectivos espejos es un espejo dicróico. En algunas realizaciones la pluralidad de espejos y plano de reproducción están dispuestos en un camino óptico común. En algunas realizaciones la pluralidad de espejos y el plano de reproducción son colineales.

El segundo espejo 317 es un primer espejo dicróico que es sustancialmente reflectante de la luz verde pero sustancialmente transmisor de la luz azul. El tercer espejo 327 es un segundo espejo dicróico que es sustancialmente reflectante de la luz roja pero sustancialmente transmisor de la luz verde y la luz azul. La persona experta en la técnica es familiar con el uso de revestimientos dicróicos sobre espejos para proporcionar la funcionalidad descrita. La Figura 3 describe unos canales azul, verde y rojo a modo de ejemplo solamente, y la presente descripción es aplicable a cualquier pluralidad de canales de longitudes de onda diferentes. Será evidente que el primer espejo 307 no necesita ser un espejo dicróico.

En algunas realizaciones el dispositivo comprende dos canales de luz y un espejo dicróico (o espejo con un revestimiento dicróico). En otras realizaciones el dispositivo comprende tres canales de luz y dos diferentes espejos dicróicos (o espejos con un revestimiento dicróico). En algunas realizaciones el dispositivo comprende n canales de luz y $(n-1)$ espejos dicróicos diferentes (o espejos con un revestimiento dicróico). Nuevamente, la persona experta en la técnica sabrá cómo proporcionar el o los espejos dicróicos necesarios o los diferentes revestimientos dicróicos sobre el o los espejos para conseguir la transmisividad/reflectividad óptica descrita.

El uso de $(n-1)$ espejos dicróicos –en donde n es el número de canales de luz- permite que los diferentes canales de luz sean dirigidos sobre un eje óptico común al plano de reproducción. En particular, los canales de color son colineales en la zona desde el espejo final al plano de reproducción. El uso descrito de al menos un espejo dicróico proporciona por lo tanto unos caminos ópticos sustancialmente colineales. Con referencia de nuevo a la Figura 3 a modo de ejemplo, el segundo espejo 317 dirige la luz verde sobre un camino óptico común con la luz azul, y el tercer espejo 327 dirige la luz roja sobre dicho camino óptico común con la luz azul y verde.

El dispositivo de visualización comprende por lo tanto un camino óptico colineal para la pluralidad de canales de color, en donde los canales de color tienen unas longitudes del camino de Fourier diferentes. Este camino óptico colineal ayuda con la alineación óptica, la gestión de la luz extraviada y ayuda a mantener el dispositivo compacto. De manera notable, el primer espejo 307 de la Figura 3 puede ser alineado independientemente –o sea, sin afectar a los caminos de las luces verde o roja. Cuando la luz azul está alineada en el campo de reproducción usando el primer espejo 307, el segundo espejo 317 puede ser alineado sin afectar (por ejemplo desalineación o desplazamiento afuera de la alineación) a la luz azul. Finalmente, la luz roja puede entonces ser alineada sin afectar (por ejemplo desalineación o desplazar afuera de la alineación) la luz azul o verde. Por lo tanto se proporciona un dispositivo que es más fácil de alinear. También se proporciona un método mejorado de alineación de un dispositivo de visualización que tiene una pluralidad de canales de color.

En la Figura 4 se muestra otra realización.

La Figura 4 es sustancialmente idéntica a la Figura 3 pero los divisores de haz han sido omitidos por simplicidad. Se puede concebir cualquier número de configuraciones ópticas diferentes para iluminar los moduladores de luz espacial. La Figura 4 muestra adicionalmente una lente física sobre cada canal de color que enfoca la luz de orden cero (es decir, no modulada) recibida desde el modulador de luz espacial a través de una abertura en el correspondiente espejo 408/418/428 y fuera del sistema. La luz modulada procedente de cada modulador de luz espacial puede ser enfocada hacia un plano diferente en el espacio añadiendo una potencia óptica a los respectivos datos holográficos, por ejemplo. Por lo tanto, se proporciona un método para eliminar la luz de orden cero de cada canal de color sin afectar

negativamente a la reconstrucción holográfica. Las flechas en los rayos de luz en la Figura 4 simplemente ilustran la dirección de iluminación de cada modulador de luz espacial y la dirección de reconstrucción. Para evitar dudas, la luz de orden cero viaja de izquierda a derecha, como se muestra en la Figura 3.

5 Con más detalle, en la Figura 4 se muestra otra realización que comprende un canal azul 403, un canal verde 413 y un canal rojo 423. El canal azul 403 comprende un SLM 401 y un espejo 408 dispuesto para dirigir la luz modulada espacialmente desde el SLM 401 al campo de reproducción 450. El canal verde 513 comprende un segundo SLM 411 y un segundo espejo 418 dispuesto para dirigir la luz modulada espacialmente desde el segundo SLM 411 al campo de reproducción 450. El canal rojo 423 comprende un tercer SLM 421 y un tercer espejo 428 dispuesto para dirigir la luz modulada espacialmente desde el tercer SLM 421 al campo de respuesta 450. En algunas realizaciones, una superficie que recibe luz –tal como una pantalla o difusor- está situada en el campo de respuesta 450. Nuevamente, cada espejo 401, 418 y 428 comprende una abertura central dispuesta para eliminar la luz difractada de orden cero del sistema. En la Figura 4 la distancia 409 es mayor que la distancia 419 que, a su vez, es mayor que la distancia 429.

15 En particular, los inventores han reconocido que formando la imagen a todo color de esta manera, el número de píxeles en la imagen para cada color es constante, lo que permite que se use una máquina de cálculo común para los tres canales de color. Convenientemente, la configuración óptica mostrada en la Figura 3 es ventajosa desde una perspectiva de empaquetamiento ya que la necesidad de mezclar canales de color requiere que los espejos dicróicos sean desplazados espacialmente, y este desplazamiento espacial puede ser usado como parte de las longitudes variables del camino de Fourier.

20 En realizaciones, las longitudes del camino dependientes de la longitud de onda pueden ser determinadas como sigue:

$$f(\lambda) = \frac{l[x, y]}{2 \cdot \tan \left(\sin^{-1} \left(\frac{\lambda}{2 \cdot p[x, y]} \right) \right)} \quad (2)$$

en donde f = longitud del camino de Fourier, l = tamaño de la reconstrucción holográfica, λ = longitud de onda de cada canal de color, y p = tamaño del píxel en el SLM.

25 Por ejemplo, la longitud del camino de Fourier (longitud focal de lente de Fourier [FL]) puede determinarse para cada longitud de onda como sigue:

$$l = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Rojo } (\lambda_r) = 640 \text{ nm}$$

$$\text{Verde } (\lambda_g) = 532 \text{ nm}$$

$$\text{Azul } (\lambda_b) = 450 \text{ nm}$$

30 $p[x, y] = 8 \text{ } \mu\text{m}$

Esto da lugar a tres diferentes reconstrucciones de holograma de tamaño diferente

$$\text{FL rojo} = 374,7 \text{ mm}$$

$$\text{FL verde} = 450,9 \text{ mm}$$

$$\text{FL azul} = 533,1 \text{ mm}$$

35 En realizaciones por lo tanto se ha proporcionado una imagen virtual a todo color en la que el tamaño de cada imagen de color individual es el mismo. Esto es, se puede por lo tanto entender que, en realizaciones, la longitud del primer camino óptico y la longitud del segundo camino óptico son tales que la primera reconstrucción holográfica y la segunda reconstrucción holográfica tienen el mismo tamaño. Los inventores han reconocido que, ventajosamente, la longitud del primer camino óptico y la longitud del segundo camino óptico son tales que la primera reconstrucción holográfica y la segunda reconstrucción holográfica tienen la misma resolución. En realizaciones, el problema del desajuste en el tamaño físico y el desajuste en la resolución son abordados simultáneamente.

45 El sistema de acuerdo con la presente descripción no es obvio debido a que históricamente las lentes de Fourier son unas lentes físicas y la creación de tres lentes físicas con precisamente las longitudes focales correctas para causar tres longitudes de onda diferentes para difractar en exactamente el mismo tamaño es generalmente considerado impracticable, especialmente cuando se considera que la tolerancia de la longitud focal de una lente promedio es el

5% Sin embargo, los inventores han reconocido que estas desventajas prácticas aceptables son superadas por las ganancias en la calidad de imagen que pueden ser conseguidas de acuerdo con la presente materia objeto. En posteriores realizaciones ventajosas la lente de Fourier está integrada en el holograma como una lente de fase única para hacer el sistema más viable debido a que las desventajas prácticas son aún más superadas. En particular, los inventores han reconocido que con píxeles suficientemente pequeños, solamente se pueden hacer lentes de Fourier de una fase de suficiente resistencia (grandes píxeles y lente de fase única de longitud focal corta lleva a un error y una distorsión de la imagen).

Será evidente que, en realizaciones, la primera reconstrucción holográfica y la segunda reconstrucción holográfica son coincidentes. Por lo tanto, se puede proporcionar una reconstrucción holográfica de color compuesto de un objeto policromático. La primera reconstrucción holográfica representa un primer componente de la longitud de onda de un objeto, y la segunda reconstrucción holográfica representa un segundo componente de la longitud de onda del objeto. La presente descripción no está limitada a la holografía de Fourier pero, en algunas realizaciones, los primeros datos holográficos representan un primer componente de la longitud de onda del objeto en el dominio de la frecuencia y los segundos datos holográficos representan un segundo componente del objeto en el dominio de la frecuencia.

La lente de Fourier puede ser una lente de fase única que forma parte del respectivo dato holográfico (es decir, el holograma). La lente de Fourier puede ser una óptica física.

En realizaciones, la primera lente transformada de Fourier es una primera óptica física. En estas realizaciones en particular, las aberturas de eliminación de orden cero descritas pueden opcionalmente ser incluidas en los espejos y potencia óptica añadidos a los datos holográficos de modo que la correspondiente reconstrucción holográfica y luz de orden cero sean llevadas a un foco en planos diferentes en el camino óptico. En otras realizaciones la primera lente transformada de Fourier son los primeros datos de lente de los primeros datos holográficos. Esto es, los primeros datos holográficos comprenden un componente de imagen y un componente de lente, en donde el componente de lente es la primera lente transformada de Fourier. En realizaciones en las que la lente transformada de Fourier es proporcionada computacionalmente en el SLM, puede entenderse que los primeros datos de lente están definidos por el soporte lógico.

Igualmente, en realizaciones, la segunda lente transformada de Fourier es una segunda óptica física. En otras realizaciones la segunda lente transformada de Fourier son los segundos datos de lente de los segundos datos holográficos. Esto es, los segundos datos holográficos comprenden un componente de imagen y un componente de lente, en donde el componente de lente es la segunda lente transformada de Fourier. En realizaciones en las que la lente transformada de Fourier es computacionalmente proporcionada en el SLM, puede entenderse que los segundos datos de lente están definidos por el soporte lógico.

En posteriores realizaciones ventajosas la primera lente transformada de Fourier es una óptica física y la segunda lente transformada de Fourier son unos datos de lente de los segundos datos holográficos, o viceversa.

Una persona experta rápidamente entenderá que la Ecuación 2 puede igualmente ser aplicada a diferentes colores / longitudes de onda para determinar unas longitudes de onda diferentes de acuerdo con la presente descripción. En realizaciones, la primera longitud de onda es la luz roja y la segunda longitud de onda es la luz verde. Esto es, la primera longitud de onda es una longitud de onda o intervalo de longitudes de onda en la zona (o banda) del espectro electromagnético que corresponde a la luz roja. Igualmente, las longitudes de onda segunda y tercera son las respectivas longitudes de onda o intervalos de longitudes de onda en la zona (o banda) del espectro electromagnético que corresponde a la luz verde y azul, respectivamente.

Puede por lo tanto ser entendido que, la primera longitud de onda es mayor que la segunda longitud de onda y la longitud del camino óptico desde la primera lente transformada de Fourier hasta el plano de reproducción es menor que la longitud del camino óptico desde la segunda lente transformada de Fourier hasta el plano de reproducción. Puede, por lo tanto, ser entendido que la longitud focal de la lente transformada de Fourier es inversamente proporcional a la longitud de onda de la luz correspondiente.

En realizaciones, los SLMs son LCOS SLMs reflectantes. En otras realizaciones los SLMs son transmisores o SLMs basados en MEMs. En realizaciones, los SLMs son sólo moduladores de fase (esto es, no moduladores de amplitud). En realizaciones, el primer dato holográfico corresponde a una primera distribución de retardo de fase y el segundo dato holográfico corresponde a una segunda distribución de retardo de fase. En otras realizaciones los SLMs son moduladores de amplitud o moduladores de amplitud y de fase. Esto es, en realizaciones, la primera pluralidad de píxeles son proporcionados por un primer modulador de luz espacial, opcionalmente, un primer modulador de luz espacial LCOS reflectante, y la segunda pluralidad de píxeles son proporcionados por un segundo modulador de luz espacial, opcionalmente, un segundo modulador de luz espacial LCOS reflectante. En realizaciones, cada pixel tiene un diámetro menor de 15 μm .

En realizaciones, se proporciona un elemento de eliminación de orden cero para uno o más de los canales de color. El elemento de eliminación de orden cero puede ser considerado como un filtro espacial. Ventajosamente, la eliminación de la luz de orden cero aumenta la relación señal-ruido de la reconstrucción holográfica. En realizaciones, el sistema por lo tanto comprende además un primer filtro espacial en el camino óptico desde la primera lente

transformada de Fourier hasta el plano de reproducción dispuesto para impedir que la luz difractada de orden cero de la primera longitud de onda alcance el plano de reproducción y/o un segundo filtro espacial en el camino óptico desde la segunda lente transformada de Fourier hasta el plano de reproducción dispuesto para impedir que la luz difractada de orden cero de la segunda longitud de onda alcance el plano de reproducción.

- 5 En otras realizaciones, el primero y/o el segundo filtro espacial está/están incorporados en el respectivo espejo dicróico y comprenden una primera porción dispuesta para proporcionar (o dirigir) la luz difractada de orden cero en un primer camino óptico, y una segunda porción dispuesta para proporcionar (o dirigir) la luz difractada de orden superior en un segundo camino óptico. En realizaciones, la primera porción es una abertura y la segunda porción es una porción de reflexión (o reflectante).
- 10 En realizaciones, el sistema de visualización comprende además una primera fuente de luz dispuesta para iluminar la primera pluralidad de píxeles con luz de la primera longitud de onda y una segunda fuente de luz dispuesta para iluminar la segunda pluralidad de píxeles con luz de la segunda longitud de onda. En realizaciones, las fuentes de luz son sustancialmente monocromáticas. En realizaciones, las fuentes de luz son fuentes de luz coherente (espacial) tales como láseres.
- 15 Se puede entender que la presente enseñanza puede ser extendida a más de dos canales de color. En realizaciones, los canales de color rojo, verde y azul son proporcionados para producir una reconstrucción holográfica en color, otros canales de color pueden ser añadidos por ejemplo, rojo, verde, amarillo y azul.

- En realizaciones, el sistema de visualización por lo tanto comprende además una tercera pluralidad de píxeles dispuestos para visualizar un tercer dato holográfico correspondiente a una tercera reconstrucción holográfica y recibir luz de una tercera longitud de onda, una tercera lente transformada de Fourier dispuesta para recibir luz modulada espacialmente que tiene una tercera longitud de onda desde una pluralidad de píxeles y realizar una transformada de Fourier óptica de la luz recibida para formar la tercera reconstrucción holográfica en un plano de reproducción, en donde la tercera reconstrucción holográfica está formada de luz en la tercera longitud de onda, en donde la longitud del camino óptico desde la tercera lente transformada de Fourier hasta el plano de reproducción no es igual a la longitud del camino óptico desde la segunda transformada de Fourier hasta el plano de reproducción o la longitud del camino óptico desde la primera lente transformada de Fourier hasta el plano de reproducción.
- 20
- 25

En realizaciones, la primera reconstrucción holográfica, la segunda reconstrucción holográfica y la tercera reconstrucción holográfica son coincidentes. En consecuencia, se consigue una reconstrucción holográfica de color de alta calidad.

- 30 Se puede por lo tanto entender que en realizaciones que comprenden canales de tres colores, la longitud del primer canal óptico, la longitud del segundo canal óptico y la longitud del tercer canal óptico son tales que la primera reconstrucción holográfica, la segunda reconstrucción holográfica y la tercera reconstrucción holográfica son del mismo tamaño y tienen la misma resolución. En realizaciones, la tercera longitud de onda es luz azul.
- En realizaciones, cada reconstrucción holográfica es un cuadro de una secuencia de cuadros de video en 2D. En realizaciones, el plano de reproducción es espacialmente remoto desde un espectador. Esto es, el campo de reproducción es presentado como una imagen virtual.
- 35

El sistema de visualización de la presente descripción puede ser usado para formar visualizaciones frontales y visualizaciones montadas en la cabeza, visualizaciones de proyección holográfica *inter alia*. El sistema de visualización permite hologramas a todo color con la resolución total del campo de reproducción para cada color.

- 40 En algunas realizaciones el sistema de proyección holográfica de la presente descripción se usa para proporcionar una visualización frontal (HUD) o visualización montada en la cabeza o dispositivo cercano al ojo. En algunas realizaciones se ha proporcionado un vehículo que comprende el sistema de proyección holográfico instalado en el vehículo para proporcionar una HUD. El vehículo puede ser un vehículo automotriz tal como un coche, camión, furgoneta, camioneta, motocicleta, tren, aeroplano, barco, o navío.
- 45 Los métodos y procesos aquí descritos pueden ser realizados en un medio leíble por ordenador. El término "medio leíble por ordenador" incluye un medio dispuesto para almacenar datos temporal o permanentemente tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria intermedia, una memoria flash, y una memoria cache. El término "medio leíble por ordenador" se tomará también para incluir cualquier medio, o combinación de varios medios, que sea capaz de almacenar instrucciones para su ejecución por una máquina tal como las instrucciones, cuando sea ejecutado por uno o más procesadores, para hacer que la máquina realice una o más de las metodologías aquí descritas, total o parcialmente.
- 50

El término "medio leíble por ordenador" abarca también sistemas de almacenamiento basados en la nube. El término "medio leíble por ordenador" incluye, pero no está limitado a, uno o más depósitos de datos (por ejemplo, volúmenes de datos) en la forma de ejemplo de un chip de memoria en estado sólido, un disco óptico, un disco magnético, o cualquier combinación apropiada de ellos. En algunas realizaciones ejemplares las instrucciones para la ejecución pueden ser comunicadas por un medio portador. Ejemplos de tal medio portador incluyen un medio transitorio (por ejemplo, una señal de propagación que comunica instrucciones).

55

La invención no está limitada a las realizaciones descritas sino que se extiende al alcance total de las reivindicaciones anejas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de visualización que comprende:
 - 5 una primera pluralidad de píxeles (321; 421) dispuestos para recibir luz de una primera longitud de onda y una luz de salida modulada espacialmente que tiene la primera longitud de onda de acuerdo con unos primeros datos holográficos para formar una primera reconstrucción holográfica;
 - una segunda pluralidad de píxeles (311, 411) dispuestos para recibir luz de una segunda longitud de onda menor que la primera longitud de onda y una luz de salida modulada espacialmente que tiene la segunda longitud de onda de acuerdo con unos segundos datos holográficos para formar una segunda reconstrucción holográfica;
 - 10 una primera lente transformada de Fourier bien física o añadida como datos de lente a los datos holográficos dispuestos para realizar una transformada de Fourier de los primeros datos holográficos para formar la primera reconstrucción holográfica que tiene la primera longitud de onda en un plano de reproducción (350; 450);
 - una segunda lente transformada de Fourier bien física o añadida como datos de lente a los datos holográficos dispuestos para realizar una transformada de Fourier de los segundos datos holográficos para formar la segunda reconstrucción holográfica que tiene la segunda longitud de onda en el plano de reproducción (350; 450);
 - 15 en donde una primera longitud (329) del camino óptico desde la primera lente transformada de Fourier al plano de reproducción (350; 450) es menor que una segunda longitud (319) del camino óptico desde la segunda lente transformada de Fourier al plano de reproducción (350; 450), y en donde la longitud focal de las lentes transformadas de Fourier es inversamente proporcional a la longitud de onda de la luz correspondiente.
2. El sistema de visualización de cualquier reivindicación anterior en donde:
 - 20 la primera longitud (329) del camino óptico y la segunda longitud (319) del camino óptico son tales que la primera reconstrucción holográfica y la segunda reconstrucción holográfica son del mismo tamaño; y/o
 - la primera longitud (329) del camino óptico y la segunda longitud (319) del camino óptico son tales que la primera reconstrucción holográfica y la segunda reconstrucción holográfica tienen la misma resolución, y/o
 - la primera reconstrucción holográfica y la segunda reconstrucción holográfica son coincidentes.
- 25 3. El sistema de visualización de cualquier reivindicación anterior en donde una de la primera lente transformada de Fourier y de la segunda lente transformada de Fourier es una primera óptica física.
4. El sistema de visualización de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en donde uno de los primeros datos holográficos y de los segundos datos holográficos comprende un componente de la imagen y un componente de la lente, en donde el componente de la lente es la correspondiente primera o segunda lente transformada de Fourier.
- 30 5. El sistema de visualización la reivindicación 4 en donde el componente de lente está definido por el soporte lógico.
6. El sistema de visualización de cualquier reivindicación anterior en donde:
 - la primera reconstrucción holográfica representa un primer componente de la longitud de onda de un objeto, y la segunda reconstrucción holográfica representa un segundo componente de la longitud de onda del objeto, y/o
 - 35 los primeros datos holográficos corresponden a una primera distribución de retardo de fase y los segundos datos holográficos corresponden a una segunda distribución de retardo de fase.
7. El sistema de visualización de cualquier reivindicación anterior que además comprende:
 - una primera fuente de luz (323) dispuesta para iluminar la primera pluralidad de píxeles (321) con luz de la primera longitud de onda; y
 - 40 una segunda fuente de luz (313) dispuesta para iluminar la segunda pluralidad de píxeles (311) con luz de la segunda longitud de onda.
8. El sistema de visualización de cualquier reivindicación anterior en donde la primera pluralidad de píxeles son proporcionados por un primer modulador (321) de luz espacial, y la segunda pluralidad de píxeles son proporcionados por un segundo modulador (311) de luz espacial.
- 45 9. El sistema de visualización de la reivindicación 8, en donde el primer y/o segundo modulador (321, 311) de luz espacial es un modulador de luz espacial LCOS reflectante.

10. El sistema de visualización de cualquier reivindicación anterior que además comprende:

un primer filtro espacial (327) en el camino óptico desde la primera lente transformada de Fourier al plano de reproducción (350; 450) dispuesto para impedir que la luz difractada de orden cero de la primera longitud de onda alcance el plano de reproducción (350; 450) y/o un segundo filtro espacial (317) en el camino óptico desde la segunda lente transformada de Fourier al plano de reproducción (350; 450) dispuesto para impedir que la luz difractada de orden cero de la segunda longitud de onda alcance el plano de reproducción (350; 450).

11. El sistema de reproducción de la reivindicación 10, en donde el primer y/o el segundo filtro espacial es un espejo dicróico (327, 317) que comprende una primera porción dispuesta para proporcionar la luz difractada de orden cero en el primer camino óptico y una segunda porción dispuesta para proporcionar la luz difractada de orden superior en el segundo camino óptico.

12. El sistema de visualización de cualquier reivindicación anterior que además comprende:

una tercera pluralidad de píxeles (301) dispuestos para recibir luz de una tercera longitud de onda y luz de salida modulada espacialmente que tiene la tercera longitud de onda de acuerdo con los terceros datos holográficos para formar una tercera reconstrucción holográfica;

una tercera lente transformada de Fourier dispuesta para realizar una transformación de Fourier de la luz modulada espacialmente que tiene la tercera longitud de onda para formar la tercera reconstrucción holográfica en un plano de reproducción (350; 450);

en donde una tercera longitud (309) del camino óptico desde la lente transformada de Fourier al plano de reproducción (350; 450) no es igual a la segunda longitud (319) del camino óptico desde la segunda lente transformada de Fourier al plano de reproducción (350; 450) ni a la primera longitud (329) del camino óptico desde la primera lente transformada de Fourier al plano de reproducción (350; 450).

13. El sistema de visualización de la reivindicación 12, en donde la primera longitud de onda corresponde a la luz roja, la segunda longitud de onda corresponde a la luz verde y la tercera longitud de onda corresponde a la luz azul.

14. El sistema de visualización de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en donde cada reconstrucción holográfica es un cuadro de una secuencia de cuadros de video en 2D.

15. Un dispositivo de visualización cercano al ojo o sobre la cabeza que comprende el sistema de visualización reivindicado en cualquier reivindicación anterior.

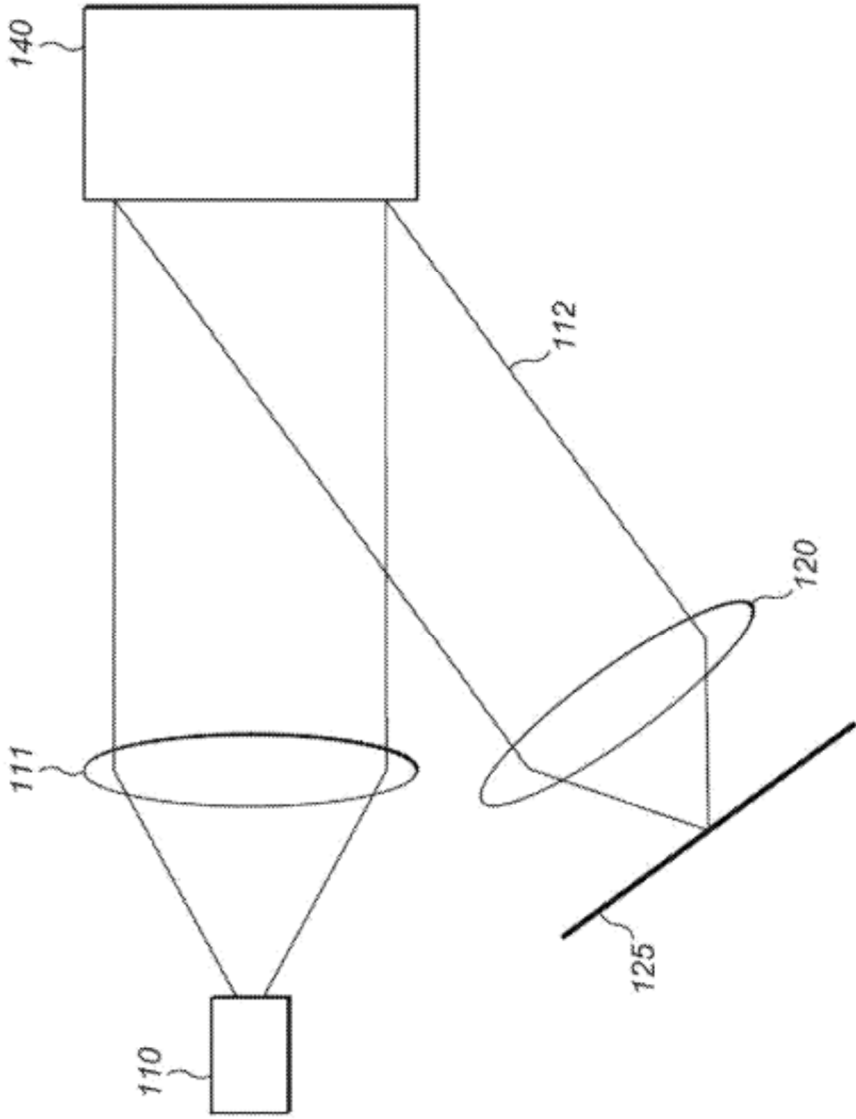


FIG. 1

Fig. 2

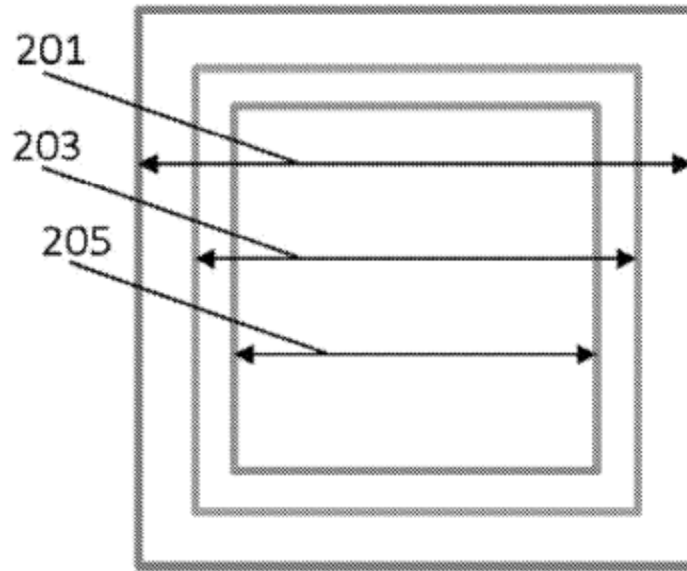
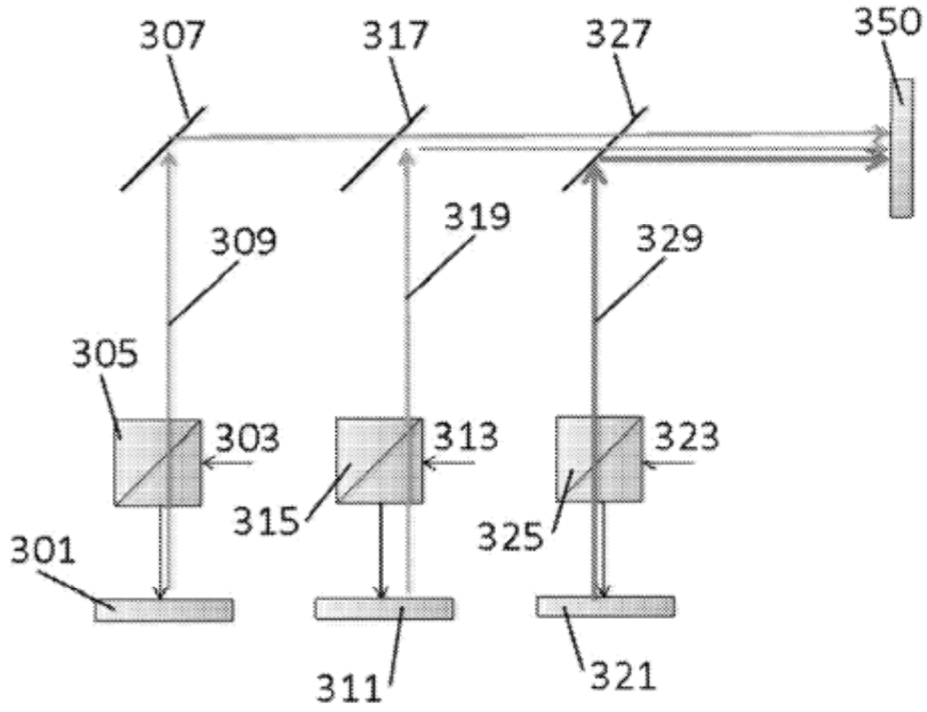


Fig. 3



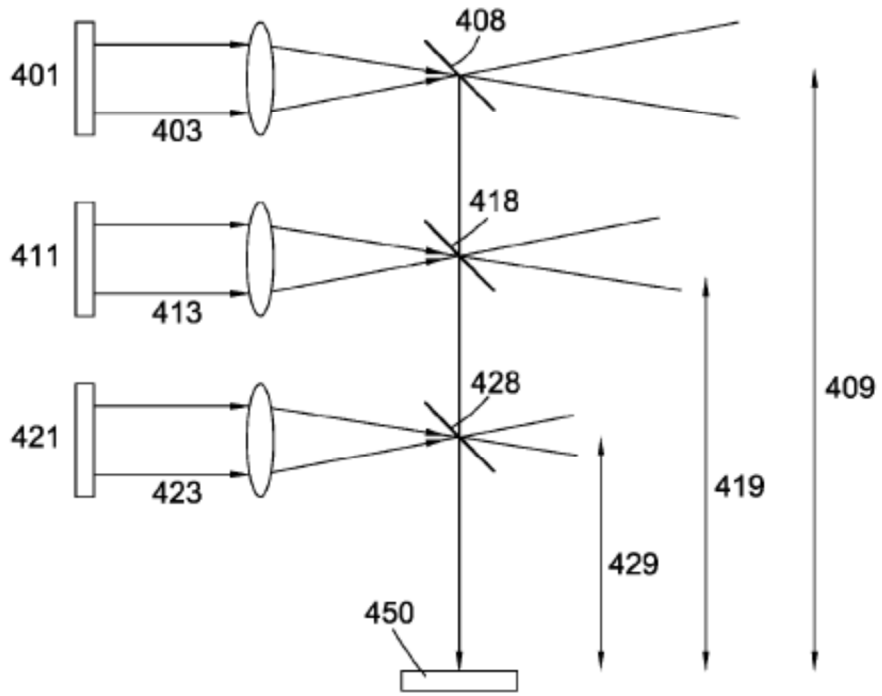


FIG. 4