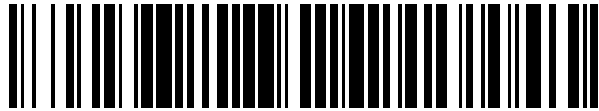


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 483**

51 Int. Cl.:

G11B 7/0065 (2006.01)

G11B 7/1369 (2012.01)

G11B 7/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.01.2008 E 08707228 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2012 EP 2126907**

54 Título: **Sistema de almacenamiento holográfico para leer un holograma almacenado en un medio de almacenamiento holográfico y un procedimiento llevado a cabo con el mismo**

30 Prioridad:

06.02.2007 HU 0700133

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

07.03.2013

73 Titular/es:

**BAYER INNOVATION GMBH (100.0%)
Kaiser-Wilhelm-Allee 20
51373 Leverkusen , DE**

72 Inventor/es:

**ERDEI, GÁBOR y
UJHELYI, FERENC**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 397 483 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 almacenamiento holográfico para leer un holograma almacenado en un medio de almacenamiento holográfico y un procedimiento llevado a cabo con el mismo

5 La presente invención se refiere a la reconstrucción de hologramas, en particular a un sistema de almacenamiento holográfico para leer un holograma almacenado en un medio de almacenamiento holográfico y un procedimiento llevado a cabo con el mismo.

10 El almacenamiento holográfico de datos está basado en el concepto de grabar el patrón de interferencia de un haz de señal de datos codificados (también denominado un haz de objeto) que lleva los datos y de un haz de referencia en un medio de almacenamiento holográfico. Generalmente, se usa un modulador espacial de luz (SLM) para crear el haz de objeto y el medio de almacenamiento holográfico puede ser, por ejemplo, un fotopolímero o cristal foto-refractivo o cualquier otro material que sea adecuado para registrar las amplitudes relativas de, y las diferencias de fase entre el haz de objeto y el haz de referencia. Después de crearse un holograma en el medio de almacenamiento, la proyección del haz de referencia dentro del medio de almacenamiento interactúa y reconstruye el haz de objeto de datos codificados original, que puede ser detectado por un detector como una cámara de matriz CCD o similar. El haz de objeto de datos codificados reconstruido se denomina generalmente en la técnica como el propio holograma reconstruido. Según esta terminología, la reconstrucción de un holograma significa la reconstrucción del haz de objeto de datos codificados original; y la lectura del holograma significa detectar el holograma reconstruido, en particular una imagen del holograma reconstruido. En la presente memoria descriptiva se adapta esta terminología.

20 La escritura de hologramas se ve influida en gran medida por la superposición espacial del haz de objeto y el haz de referencia, mientras que la lectura del holograma se ve fuertemente afectada por la posición relativa del haz de referencia de reconstrucción y el holograma almacenado en el medio de almacenamiento. La lectura de un medio de almacenamiento holográfico puede lograrse con relativa facilidad si tanto el haz de referencia como el haz de objeto cubren un punto relativamente grande sobre la superficie del medio de almacenamiento. La tolerancia de desplazamiento entre el centro del holograma y el centro del haz de referencia es aproximadamente el 10% del tamaño del diámetro del haz, lo que normalmente está dentro de los límites mecánicos de los sistemas convencionales. Sin embargo, la disminución del tamaño del holograma conduce a una exigencia más elevada sobre la alineación del haz de referencia y el holograma al leer el medio. También puede ser necesaria alineación de alta precisión, por ejemplo, en caso de multiplexación y/o cifrado de seguridad de los datos holográficos almacenados.

30 Hay muchos procedimientos conocidos de multiplexación y/o cifrado de hologramas. Tales procedimientos pueden implicar codificación de fase del haz de objeto y/o el haz de referencia tanto en el plano real como/o en el plano de Fourier. En el documento WO 02/05270 A1 se desvela un procedimiento y un dispositivo para multiplexación y cifrado de fase codificada por codificación de fase del haz de referencia. Al aplicar multiplexación o cifrado de fase codificada la tolerancia de desplazamiento entre el centro del haz de referencia y el holograma durante la reconstrucción del holograma puede descender hasta el 1% del diámetro del haz. La desalineación del haz y el holograma está asociada generalmente a la desalineación de los componentes ópticos del sistema, la cual puede deberse a choques mecánicos, cambios de temperatura, etc. Sin embargo, es un problema particular de sistemas diseñados para recibir un medio de almacenamiento extraíble, por ejemplo tarjetas de identificación holográficas.

40 El documento US 7.116.626 B1 enseña un procedimiento de micro-posicionamiento para superar el problema de desalineación identificado anteriormente. El objeto del procedimiento descrito es aumentar el funcionamiento de un sistema de almacenamiento holográfico, es decir, la calidad de la imagen modulada, asegurando la correcta alineación de diversos componentes del sistema como un SLM con diversos dispositivos, como fuentes de luz, lentes, detectores, y el medio de almacenamiento. La técnica de alineación está centrada en la "coincidencia de píxeles", es decir, alinear los píxeles de un SLM único usado para codificar los datos del haz de objeto, la imagen holográfica almacenada y el detector, de manera que cada píxel del SLM sea proyectado sobre un único píxel del detector, dando como resultado una mejor eficiencia de recuperación de datos. El procedimiento implica mover físicamente todos o algunos de los dichos componentes del sistema unos con respecto a otros. Los medios para desplazar los dichos componentes pueden incluir micro-accionadores. Tales medios de desplazamiento físico son caros y complicados de aplicar en dispositivos pequeños.

50 El documento EP 1.526.519 A desvela un aparato de almacenamiento holográfico, en el que la asignación de fotodiodos del fotodetector para leer píxeles se ajusta mediante un servomecanismo. El servomecanismo detecta una desalineación del haz de referencia con respecto al holograma almacenado y en consecuencia mueve el patrón de lectura. El haz de referencia no está codificado por un SLM que prevenga, por ejemplo, el código de fase cifrado o multiplexación.

55 El objeto de la invención es superar los problemas anteriores proporcionando un sistema y un procedimiento para permitir la alineación precisa no mecánica de un haz de referencia con respecto a un medio de almacenamiento holográfico.

El objeto anterior se logra proporcionando un sistema de almacenamiento holográfico según la reivindicación 1 y un procedimiento de lectura de un holograma según la reivindicación 13.

60 La invención proporciona un sistema de almacenamiento holográfico 1 para leer un holograma 7 almacenado en un medio 6 de almacenamiento holográfico, dicho sistema 1 comprende:

medio de almacenamiento que sostiene medios dispuestos a lo largo de un camino óptico de un haz de referencia 3;

un modulador espacial de luz (SLM) 4 dispuesto a lo largo de dicho camino óptico para codificar un haz de referencia

3 con un patrón de código 15;

un detector 5 para detectar una imagen del holograma 7 reconstruido; y

una unidad 14 de servocontrol para determinar una desalineación de dicho haz de referencia 3 y dicho medio 6 de almacenamiento para la imagen detectada y para actuar sobre dicho SLM 4 para mover dicho patrón de código 15,

en la que dicho haz de referencia 3 se transmite a través de dicho SLM 4.

La invención proporciona además un procedimiento de lectura de un holograma almacenado en un medio de almacenamiento holográfico que comprende las etapas de:

a) codificar un haz de referencia con un patrón de código creado por un modulador de luz espacial (SLM), en el que dicho haz de referencia se transmite a través de dicho SLM;

b) detectar una imagen del holograma reconstruido;

c) determinar una desalineación de dicho haz de referencia y dicho medio de almacenamiento de la imagen detectada; y

d) mover dicho patrón de código sobre el SLM basado al menos en parte en dicha desalineación.

Más detalles de la invención resultarán evidentes a partir de las figuras adjuntas y las realizaciones ejemplares.

La Fig. 1a es una vista esquemática de una realización ejemplar de un sistema de almacenamiento holográfico de tipo de reflexión según la invención.

La Fig. 1b es una vista esquemática de otra realización ejemplar de un sistema de almacenamiento holográfico de tipo de transmisión según la invención.

La Fig. 1c es una vista esquemática de una realización ejemplar de un sistema de lectura y escritura de un medio de almacenamiento holográfico de tipo de transmisión según la invención.

La Fig. 2 muestra un patrón de código de haz de referencia ejemplar generado por un modulador espacial de luz.

La Fig. 3 ilustra el desplazamiento del patrón de código de haz de referencia mediante un píxel del SLM.

La Fig. 4 muestra otro patrón de código de haz de referencia ejemplar generado por un modulador espacial de luz.

La Fig. 1a es una vista esquemática que muestra una primera realización ejemplar de un sistema de almacenamiento holográfico 1 según la invención. El sistema 1 comprende una fuente de luz 2 que proporciona un haz de referencia 3. La fuente de luz 2 está constituida generalmente por un láser y un extensor de haz. A la fuente de luz 2 le sigue un modulador espacial de luz (SLM) 4 que codifica el haz de referencia 3. El sistema 1 comprende además un detector 5 y medios (no mostrados) dispuestos a lo largo de un camino óptico del haz de referencia para sostener un medio de almacenamiento holográfico 6 que lleva un holograma 7 que ha de ser leído. Los medios de sujeción del medio de almacenamiento pueden ser cualquier componente receptor de medio convencional, como una bandeja de CD o DVD, una ranura de tarjeta de identificación holográfica, o cualquier otro medio adecuado para mantener el medio de almacenamiento 6 en una ubicación bien definida dentro del sistema de almacenamiento holográfico 1. El detector 5 puede ser una cámara CCD, un CMOS, una matriz de fotodiodos o cualquier otro tipo de detector conocido que comprenda elementos sensores dispuestos en una matriz de píxeles.

El holograma 7 es preferentemente un holograma de Fourier, debido a su menor sensibilidad a defectos superficiales del medio de almacenamiento que la de los hologramas de plano imagen. En el caso de un holograma de Fourier, el patrón de código de fase representado por el SLM 4, usado para codificación de fase del haz de referencia 3, se forma sobre la transformada de Fourier de un haz de objeto al crear el holograma 7. Debido a su buena eficiencia de difracción y baja selectividad de longitud de onda, puede usarse, por ejemplo, un holograma de polarización delgado. Medios adecuados de almacenamiento holográfico son, por ejemplo, polímeros fotoanisótropos de tipo azobenceno.

La realización mostrada en la Fig. 1a está diseñada para leer el medio de almacenamiento holográfico 6 en modo de reflexión: el haz de referencia 3 es reflejado desde un espejo 8 detrás del medio 6 y el haz de objeto reconstruido 9 se forma sobre el plano de formación de imagen del detector 5 para captar una imagen del holograma reconstruido 7. El haz reflejado 9 y el haz de referencia 3 son separados uno de otro por un divisor de haz 10, que puede ser un divisor de haz neutro o un divisor de haz de polarización en caso de hologramas de polarización, o cualquier otro elemento de separación de haz como un cubo divisor de haz con una discontinuidad de la capa central, tal como se desvela en el documento EP 1492095 A2.

En caso de un haz de referencia codificado 3, el SLM 4 se forma dentro del plano del holograma 7 mediante un sistema de formación de imagen. Este sistema de formación de imagen comprende preferentemente una primera y una segunda lentes de Fourier 11 y 12, dispuestas antes y después del divisor de haz 10 como se conoce en la técnica. Además, puede estar interpuesta una abertura 13 entre la primera lente de Fourier 11 y el divisor de haz 10 que mejora la calidad de formación de imagen limitando el diámetro del haz y que proporciona la ventaja adicional de restringir la definición del SLM 4 como se explicará después.

La codificación del haz de referencia es preferentemente codificación de fase para evitar la pérdida de información presente en la codificación de amplitud, aunque también puede aplicarse codificación de amplitud, o cualquier otra codificación conocida de modulación de luz (por ejemplo, codificación de polarización, codificación de longitud de onda).

El código de fase puede ser, por ejemplo, una clave de seguridad para leer un holograma cifrado 7 o una clave para leer un holograma multiplexado 7. Sin embargo, la invención también se refiere a aplicaciones distintas del cifrado o multiplexación. También es aplicable en todos los casos en los que no puede excluirse una holgura mecánica, que conduce a una cierta incertidumbre de la posición del medio de almacenamiento 6 insertado, de ese modo el haz de referencia 3 y el medio de almacenamiento 6 tienen que volver a posicionarse repetidamente uno con respecto a otro, especialmente si el medio de almacenamiento 6 se saca a menudo o ha de leerse una pluralidad de medios de almacenamiento 6 con el sistema 1.

Además de la codificación de fase del haz de referencia, el SLM 4 también puede usarse como una abertura que crea un haz de referencia circular 3 fácil de posicionar. Esto es útil para reducir la diafonía entre hologramas en la reconstrucción del holograma cuando se escriben múltiples hologramas 7 unos cerca de otros dentro del medio de almacenamiento 6.

Al leer el holograma 7 del medio de almacenamiento 6, el haz de referencia 3 tiene que ser posicionado con respecto al medio de almacenamiento 6. Según la invención, el posicionamiento del haz de referencia 3 se lleva a cabo representando un patrón de código de haz de referencia que codifica el haz de referencia 3 en diferentes posiciones sobre el SLM 4. Esto se logra mediante una unidad de servocontrol 14, que está conectada al detector 5 para analizar la imagen detectada por el detector 5 y calcular una servoseñal como se explicará después. La servoseñal se usa para controlar la posición del patrón de código representado por el SLM 4. La unidad de servocontrol 14 puede ser, por ejemplo, un ordenador, un microcontrolador o cualquier circuito eléctrico de aplicación específica con el software necesario para hacer funcionar el SLM 4.

La Fig. 1b ilustra otra realización preferida del sistema de almacenamiento holográfico 1, donde el medio de almacenamiento holográfico 6 se lee en modo de transmisión, es decir, el haz de objeto reconstruido 9 se transmite a través del medio de almacenamiento 6. Por consiguiente, el detector 5 está dispuesto en el lado opuesto del medio de almacenamiento 6 y una tercera lente de Fourier 111 puede estar interpuesta entre el detector 5 y el medio de almacenamiento 6 para formar el haz de objeto reconstruido 9 sobre el plano de formación de imagen del detector 5.

La Fig. 1c ilustra otra realización preferida del sistema de almacenamiento holográfico 1, que está adaptada tanto para leer como escribir medios de almacenamiento holográfico 6. De igual modo que en la realización de la Fig. 1b, el medio de almacenamiento 6 se lee en modo de transmisión. En este caso, el divisor de haz 10 se usa para unir el haz de referencia 3 y un haz de objeto 3' procedente de un SLM de haz de objeto 4' cuando el sistema 1 se usa para grabar un holograma 7 en un medio de almacenamiento 6. El haz de objeto 3' puede estar provisto de una fuente de luz separada (no mostrada), o puede usarse la fuente de luz 2 del haz de referencia 3 para proporcionar ambos haces 3 y 3' como se conoce en la técnica.

La Fig. 2 ilustra un patrón de código de fase de haz de referencia 15 representado en el SLM 4. Según la realización representada, cada píxel de código del haz de referencia 16 está constituido por 5 x 5 píxeles del SLM 17. El número de píxeles del SLM 17 usados para representar un único píxel de código 16 puede variar dependiendo de la aplicación. Usar píxeles de código 16 que están constituidos por más de un píxel del SLM 17 permite una manera sencilla de desplazar el patrón de código 15. Por ejemplo, para desplazar el patrón de código 15 un píxel del SLM 17 a la derecha, cada píxel de código 16a es desplazado una fila de píxeles del SLM 17 como se demuestra en la Fig. 3. El nuevo píxel de código 16b es representado por un nuevo bloque de 5 x 5 píxeles del SLM 17 que está constituido por 5 x 4 píxeles del SLM 17 superpuestos con el píxel de código 16a original y 1 x 4 píxeles del SLM 17 a la derecha del píxel de código 16a original. El patrón de código 15 puede ser desplazado en cualquier dirección siguiendo el concepto anterior, incluyendo direcciones no paralelas a las filas o columnas de los píxeles del SLM 17.

Un holograma 7 grabado con un patrón de código de fase de haz de referencia 15 particular sólo puede ser reconstruido con un haz de referencia codificado con un patrón de código de fase 15 idéntico o muy similar al usado para grabar el holograma 7, de ese modo codificar el haz de referencia 3 permite el cifrado de seguridad o multiplexación. El patrón de código de haz de referencia 15 puede tener, por ejemplo, un tamaño de 10 x 10 píxeles de código 16 que conducen a 2100 combinaciones de código posibles. Sin embargo, para el propósito del cifrado de seguridad y multiplexación el holograma 7 no debe ser legible con patrones de código de haz de referencia 15 distintos del usado para grabar el holograma 7. Por lo tanto, sólo puede usarse un conjunto de patrones de código 15 suficientemente distintos de los posibles patrones de código 15 totales, lo que en la práctica aún es un número muy alto, por ejemplo, podrían usarse aproximadamente 225 combinaciones de código. En el documento WO 02/05270 se desvela un procedimiento de generación de distintos patrones de código 15.

Usar la abertura 13 tiene el beneficio adicional de restringir la definición del SLM 4, de manera que los píxeles del SLM 17 individuales no sean distinguibles sobre la imagen detectada por el detector 5 mientras el efecto de codificación de los píxeles de código 16 aún sea perceptible. Para evitar efectos de degradación cerca de los bordes del SLM 4, la abertura 13 está dispuesta en el plano de Fourier del SLM 4 (o sus inmediateces) para filtrar las componentes de alta frecuencia en el espacio de Fourier que difuminan así la imagen resultante.

Además de la modulación de fase el patrón de código 15 puede crearse modulando cualquier otra propiedad de la luz o una combinación de las mismas (incluyendo fase, amplitud, longitud de onda y polarización) como es conocido en la técnica.

En aplicaciones donde el SLM 4 se usa como una abertura para crear un haz circular fácil de posicionar, el patrón de código de haz de referencia 15 puede ser un simple círculo interior transmisor de luz 18 con una zona de borde exterior no transparente 19 como se ilustra en la Fig. 4. Esto puede lograrse, por ejemplo, usando el SLM 4 en modo de modulación de amplitud y disminuyendo la amplitud de la zona de borde 19 conservando al mismo tiempo la amplitud de la luz dentro del círculo transmisor 18, creando así el haz de referencia circular fácil de posicionar 3. El haz de referencia circular 3 puede posicionarse fácilmente cambiando la modulación de amplitud de los píxeles del SLM 17 individuales para crear el círculo interior transmisor de luz 18 en otra ubicación del SLM 4.

Un procedimiento conocido para llevar a cabo el modo de modulación de amplitud es proporcionar un polarizador antes y

un analizador después del SLM 4. La polarización del haz de referencia 3 que entra dentro del círculo interior 18 puede dejarse sin cambiar por el SLM 4, mientras que puede girarse 90 grados dentro de la zona de borde exterior 19. Sólo la polarización sin cambiar pasará por el analizador, creando así el haz de referencia circular fácil de posicionar 3.

5 El haz de referencia circular fácil de posicionar 3 puede proporcionarse también junto con codificación de fase, usando el mismo o un nuevo SLM de codificación de haz de referencia 4 dispuesto a lo largo del camino óptico del haz de referencia 3. Puede usarse el mismo SLM para modulación simultánea de fase y amplitud, por ejemplo, en modo de modulación ternaria de SLMs especiales. Usar dos SLMs para modulación separada de fase y amplitud requiere elementos ópticos adicionales para formar imágenes de los dos SLMs uno sobre otro.

10 Considerar un píxel del SLM 17 como un píxel de código 16 también está disponible para un haz de referencia de fase codificada 3, sin embargo es ventajoso poder desplazar el patrón de fase en etapas más finas que el tamaño de un píxel de código 16 con el propósito de calcular una desalineación entre el haz de referencia 3 y el medio de almacenamiento 6.

El patrón de código 15 puede crearse también de cualquier otra manera conocida siempre que sea posible desplazar el patrón de código 5 sobre el SLM 4.

15 Existen diversos procedimientos conocidos para determinar la desalineación del haz de referencia 3 y el medio de almacenamiento a partir de la imagen restaurada detectada del holograma 7. Por ejemplo, puede determinarse un factor de calidad asociado con la imagen detectada. El factor de calidad es generalmente una cantidad escalar indicativa de la desalineación de píxeles, por ejemplo la intensidad media de los píxeles o la relación señal-ruido. Un ejemplo para usar factores de calidad puede encontrarse en el documento US 7.116.626 B1 (denominado como métrica de canal).

20 Una vez que se determina la desalineación, el haz de referencia 3 puede volver a posicionarse desplazando el patrón de código 15 sobre el SLM. El factor de calidad sólo es adecuado para indicar la magnitud o grado de desalineación pero no la dirección de la desalineación. Por consiguiente, si se usa un factor de calidad para describir la desalineación, el factor de calidad puede tener que volver a calcularse en varias posiciones diferentes del haz de referencia.

25 Una manera preferida de calcular un factor de calidad se desvela en la solicitud de patente húngara titulada "Method of reading a Fourier hologram recorded on a holographic storage medium and a holographic storage system" (presentada el 2 de febrero de 2007) del solicitante.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de almacenamiento holográfico (1) para leer un holograma (7) almacenado en un medio de almacenamiento holográfico (6), comprendiendo dicho sistema (1):
 - 5 medios de sujeción del medio de almacenamiento dispuestos a lo largo de un camino óptico de un haz de referencia (3);
 - un modulador espacial de luz (SLM) (4) dispuesto a lo largo de dicho camino óptico para codificar un haz de referencia (3) con un patrón de código (15);
 - un detector (5) para detectar una imagen del holograma reconstruido (7); y
 - 10 una unidad de servocontrol (14) para determinar una desalineación de dicho haz de referencia (3) y dicho medio de almacenamiento (6) respecto a la imagen detectada y para actuar sobre dicho SLM (4) para desplazar dicho patrón de código (15),
 - en el que dicho haz de referencia (3) se transmite a través de dicho SLM (4).
2. El sistema según la reivindicación 1, en el que el SLM (4) es un modulador de luz de tipo de matriz de píxeles, preferentemente una micropantalla, una pantalla de cristal líquido o una pantalla de cristal líquido sobre silicio.
- 15 3. El sistema según las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el patrón de código (15) comprende una zona interior circular (18) rodeada por una zona de borde (19), modulando de diferentes maneras las dos zonas (18, 19) al menos una propiedad de la luz del haz de referencia (3).
4. El sistema según la reivindicación 3, en el que la zona interior circular (18) es transmisora de luz y la zona de borde (19) es no transparente.
- 20 5. El sistema según la reivindicación 3, en el que la polarización de luz efectuada por la zona interior circular (18) y la polarización de luz efectuada por la zona de borde (19) forman un ángulo entre sí; y está dispuesto un polarizador antes del SLM (4) y está dispuesto un analizador después del SLM (4) a lo largo de dicho camino óptico del haz de referencia (3).
- 25 6. El sistema según la reivindicación 2, en el que el patrón de código (15) está constituido por una pluralidad de píxeles de código (16), estando constituidos los píxeles de código (16) por $n \times m$ píxeles (17) del SLM (4).
7. El sistema según la reivindicación 6, en el que el desplazamiento de dicho patrón de código (15) se realiza representando dichos píxeles de código (16) por $n \times m$ píxeles diferentes (17) del SLM (4).
8. El sistema según la reivindicación 6 ó 7, en el que el patrón de código (15) es un patrón de código de fase.
- 30 9. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicho holograma (7) es un holograma de transformada de Fourier.
10. El sistema según la reivindicación 9, en el que una primera y una segunda lentes de transformada de Fourier (11, 12) están dispuestas entre dicho SLM (4) y dicho medio de almacenamiento (6) a lo largo de dicho camino óptico.
- 35 11. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende un SLM modulador de haz de objeto (4') para crear un haz de objeto de datos codificados (3') y medios (10) para unir el haz de referencia codificado (3) y el haz de objeto codificado (3') para escribir un holograma (7).
12. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicho patrón de código de haz de referencia (15) es un patrón de modulación de fase, amplitud, longitud de onda y/o polarización creado por el SLM (4).
- 40 13. Un procedimiento de lectura de un holograma almacenado en un medio de almacenamiento holográfico que comprende las etapas de:
 - a) codificar un haz de referencia con un patrón de código creado por un modulador espacial de luz (SLM); donde dicho haz de referencia se transmite a través de dicho SLM;
 - b) detectar una imagen del holograma reconstruido;
 - 45 c) determinar una desalineación de dicho haz de referencia y dicho medio de almacenamiento respecto a la imagen detectada; y
 - d) desplazar dicho patrón de código sobre el SLM basándose al menos en parte en dicha desalineación.
14. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que el SLM es un modulador de luz de tipo de matriz de píxeles, preferentemente una micropantalla, una pantalla de cristal líquido o una pantalla de cristal líquido sobre silicio y el desplazamiento de dicho patrón de código se lleva a cabo usando diferentes píxeles del SLM para crear el patrón de código.
- 50 15. El procedimiento según la reivindicación 14, en el que el patrón de código que consiste en una pluralidad de píxeles de código, que consiste en los píxeles de código por $n \times m$ píxeles del SLM.

Fig.1a

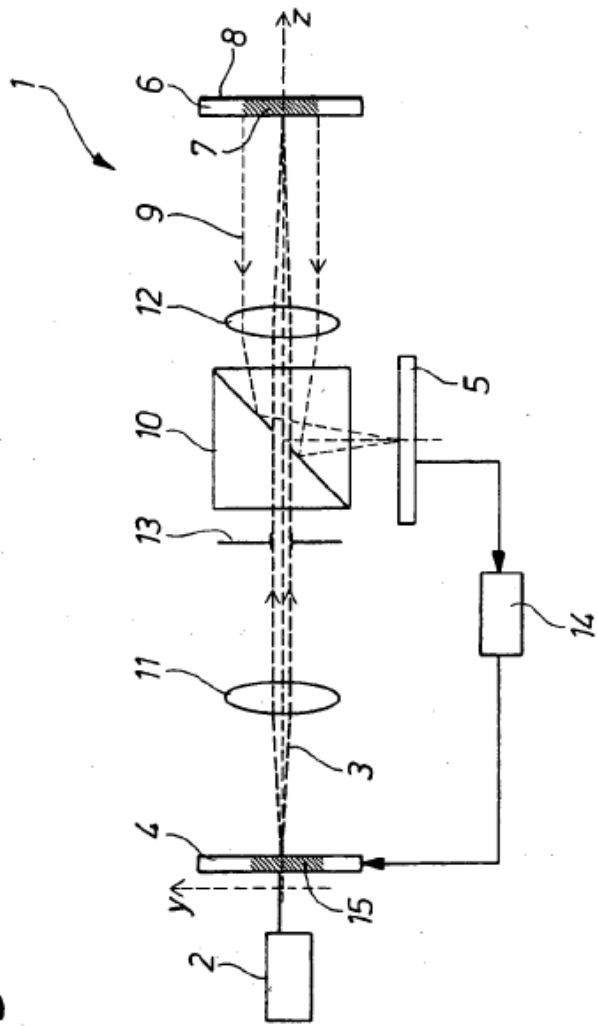


Fig.1b

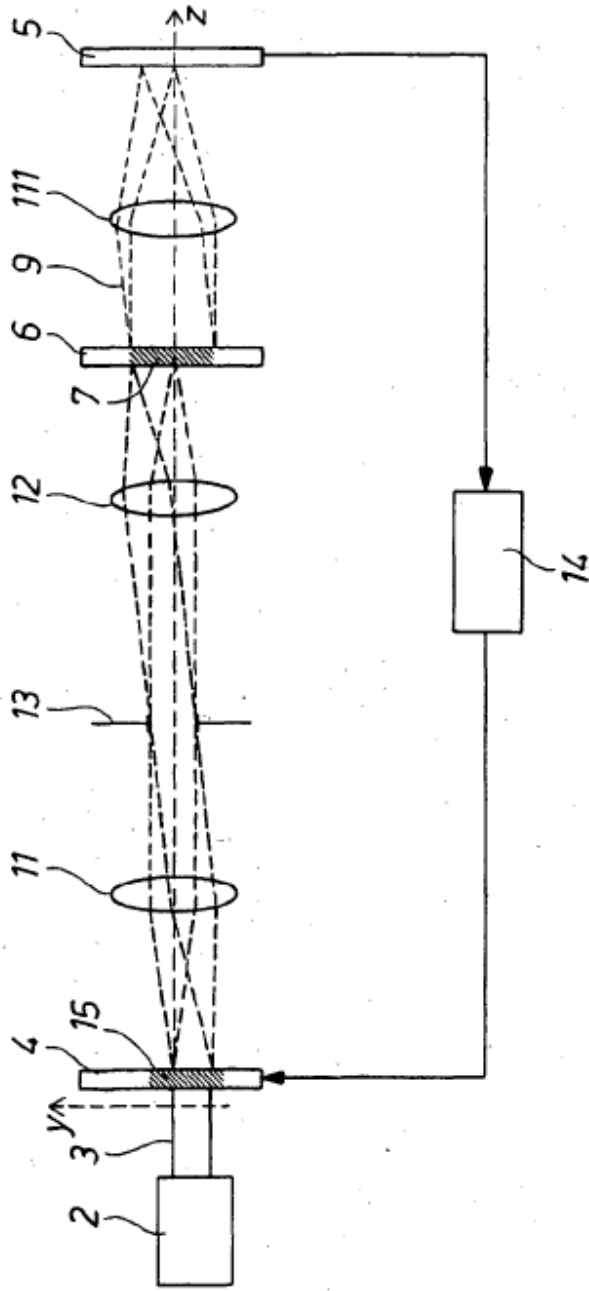


Fig.1c

