

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 745**

51 Int. Cl.:

G01B 11/25 (2006.01)

G01B 11/26 (2006.01)

G01B 21/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2021** **E 21169239 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2024** **EP 4080161**

54 Título: **Procedimiento y disposición para compensar cambios en el ángulo del haz de un haz de rayos generado por un elemento óptico difractivo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.11.2024

73 Titular/es:

VITRONIC DR.-ING. STEIN
BILDVERARBEITUNGSSYSTEMEGMBH (100.0%)
Hasengartenstrasse 14
65189 Wiesbaden, DE

72 Inventor/es:

OTT, KONSTANTIN y
HOFFMANN, BURGHARDT

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 986 745 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

Procedimiento y disposición para compensar cambios en el ángulo del haz de un haz de rayos generado por un elemento óptico difractivo

La solicitud se refiere a un procedimiento para compensar los cambios en el ángulo del haz de un haz de rayos láser con ángulos de haz respectivos generados por un elemento óptico difractivo. La solicitud también se refiere a una disposición para compensar los cambios en el ángulo del haz de un haz de rayos láser con ángulos de haz respectivos generados por un elemento óptico difractivo.

En aplicaciones en las que se requiere un conocimiento muy preciso de los ángulos del haz, la longitud de onda de la luz láser puede estabilizarse, por ejemplo, mediante un sistema de control. El documento US 4 737 798 A divulga un procedimiento para evitar el salto de modo en diodos láser en el que se identifica un intervalo de temperatura de funcionamiento estable del diodo láser reduciendo la corriente de polarización del diodo a un valor predeterminado, alcanzando así un primer nivel de temperatura del diodo en el que se produce el salto de modo, y aumentando posteriormente la corriente de modulación del diodo a un valor predeterminado, alcanzando así un segundo nivel de temperatura del diodo en el que se produce el salto de modo. Las corrientes de polarización y modulación del diodo se controlan durante el funcionamiento del diodo, por lo que el diodo se calienta cuando se alcanza la corriente de polarización del diodo predeterminada con el fin de aumentar la temperatura del diodo y evitar que el diodo alcance el primer nivel de temperatura. De este modo, se evita que el diodo realice un salto de modo. En consecuencia, el diodo se enfría cuando se alcanza la corriente de modulación de diodo predeterminada con el fin de disminuir la temperatura del diodo y evitar que el diodo realice un salto de modo en el segundo nivel de temperatura.

Una tarea puede consistir en crear una disposición simplificada y un procedimiento sin control de realimentación de la luz láser.

De acuerdo con la reivindicación 1, se propone un procedimiento para compensar los cambios de ángulo de haz de un haz de rayos láser con ángulos de haz respectivos generados por un elemento óptico difractivo.

El cambio de ángulo del haz de cada rayo láser del haz desviado por el elemento óptico difractivo está relacionado con el cambio de longitud de onda subyacente de la luz láser emitida. Utilizando el primer subconjunto de los rayos láser para determinar el valor del ángulo del haz, el cambio del ángulo del haz de todos los haces generados es trazable y puede utilizarse ventajosamente en la evaluación simultánea o diferida en el tiempo del patrón de luz detectado del segundo subconjunto de los rayos láser a fin de compensarlo. El valor determinado del ángulo del haz no se devuelve a la electrónica del láser, sino que se transfiere, por ejemplo, a un dispositivo de procesamiento para evaluar el patrón de luz con un software correspondiente, que realiza los cálculos deseados para evaluar el patrón de luz como, por ejemplo, para la triangulación láser, teniendo en cuenta los cambios del ángulo del haz de los ángulos del haz del segundo subconjunto de rayos láser sobre la base del valor determinado del ángulo del haz.

En la medida en que los rayos láser o diodos láser se discuten en el contexto de esta divulgación, el experto en la técnica reconocerá que las soluciones y formas de realización presentadas aquí se pueden utilizar con cualquier tipo de radiación coherente o fuentes de luz coherentes, por lo que el término radiación láser debe entenderse como sinónimo de radiación coherente. Los elementos ópticos difractivos (DOE) en el sentido de la divulgación pueden utilizarse para generar una pluralidad de rayos láser utilizando un solo rayo láser procedente de una fuente láser. La luz láser de un rayo láser se desvía en ángulos de haz definidos mediante interferencia, de modo que pueden generarse patrones complejos o haces de haces a partir de un solo rayo láser. La interferencia de la radiación coherente, por ejemplo, la luz láser, depende de la longitud de onda, lo que significa que los ángulos de haz resultantes de los rayos láser generados y, por lo tanto, el patrón completo, también dependen de la longitud de onda. Los diodos láser convencionales y otras fuentes de haz coherente no suelen emitir luz láser con una longitud de onda constante, ya que los cambios en parámetros como la corriente del diodo y la temperatura del diodo de los diodos láser influyen en la longitud de onda emitida de la luz. Además de una deriva constante de la temperatura, pueden producirse saltos instantáneos de modo. Los cambios en la longitud de onda de la luz láser provocan cambios en el ángulo de los rayos láser desviados por el elemento óptico difractivo, que pueden compensarse ventajosamente mediante el procedimiento descrito. Como caso especial de un DOE simple, puede utilizarse con el procedimiento una rejilla óptica, por ejemplo, una rejilla lineal o una disposición de rendija.

De acuerdo con una forma de realización, se utiliza un conjunto de datos, por ejemplo, una tabla de consulta con datos, para evaluar el patrón de luz, en donde los datos del conjunto de datos se ajustan en función del valor del ángulo del haz determinado. Si el valor determinado del ángulo del haz se desvía de un valor de referencia, los datos del conjunto de datos pueden, por ejemplo, ajustarse en función de una diferencia entre el valor de referencia y el valor determinado del ángulo del haz. Los datos del conjunto de datos pueden referirse al valor de referencia y a una asignación de posiciones y ángulos de los haces a los respectivos rayos láser, es decir, sus vectores de posición y los vectores de dirección de los haces, que pueden registrarse en un paso de calibración anterior, por ejemplo. Alternativamente, el patrón de luz registrado puede cambiarse primero a un patrón de luz corregido, teniendo en cuenta el valor del ángulo del haz determinado, y a continuación, el patrón de luz corregido puede analizarse sin compensación adicional.

El valor del ángulo del haz se determina a partir de al menos un ángulo del haz de uno de los rayos láser del primer subconjunto de rayos láser. Si solo hay un rayo láser, el valor del ángulo del haz corresponde al ángulo del haz. En el caso de varios rayos láser del primer subconjunto de rayos láser, el valor del ángulo del haz puede formarse de manera adecuada a partir de varios ángulos del haz, por ejemplo, como un valor medio. De acuerdo con una forma de realización, el valor del ángulo del haz puede determinarse detectando el ángulo del haz de al menos un rayo láser del primer subconjunto con al menos un sensor óptico de posición. En caso necesario, pueden utilizarse varios sensores ópticos de posición. Los ángulos de haz de varios rayos láser también pueden detectarse con un sensor óptico de posición. El primer subconjunto de los rayos láser se selecciona, por ejemplo, de tal manera que al menos un rayo láser del primer subconjunto experimenta un cambio significativamente mayor en el ángulo del haz en una primera de dos direcciones espaciales que en la segunda de las dos direcciones espaciales cuando cambia la longitud de onda del rayo láser. Como resultado, el cambio en el ángulo del haz es casi unidimensional, lo que facilita su determinación. Se puede tolerar un cambio en el ángulo del haz en la segunda dirección espacial, ortogonal a la primera dirección espacial, siempre que el sensor de posición pueda seguir detectando el rayo láser. Cuando se utilizan sensores bidimensionales, por ejemplo, sensores matriciales, el primer subconjunto de los rayos láser también puede seleccionarse arbitrariamente, ya que los cambios en el ángulo del haz del al menos un rayo láser del primer subconjunto en las dos direcciones espaciales se detectan cuando cambia la longitud de onda.

De acuerdo con otra forma de realización, el valor del ángulo del haz se determina utilizando dos grupos de rayos láser del primer subconjunto, por lo que los ángulos del haz de los rayos láser de los dos grupos de rayos láser se detectan utilizando dos sensores ópticos de posición separados espacialmente. Esto puede ser ventajoso, ya que permite detectar efectos adicionales, como la orientación del haz. El primer subconjunto puede comprender más de un rayo láser, en donde al menos dos de los rayos láser tienen el mismo ángulo de haz en una dirección espacial y son detectados por un mismo sensor óptico de posición. Los rayos láser de cada uno de los dos grupos de rayos láser pueden, ventajosamente, tener cada uno el mismo ángulo de haz en una dirección espacial y ser detectados por un mismo sensor óptico de posición. El primer subconjunto de rayos láser puede dirigirse al menos a un sensor óptico de posición mediante un dispositivo de desviación o una pluralidad de dispositivos de desviación.

De acuerdo con la reivindicación 10, se propone una disposición para compensar los cambios de ángulo de haz de un haz de rayos láser con ángulos de haz respectivos generados por un elemento óptico difractivo.

La disposición se puede utilizar para compensar los cambios del ángulo del haz de un haz de rayos láser con ángulos de haz respectivos generados por un elemento óptico difractivo según el procedimiento descrito con anterioridad. Las características del procedimiento son análogamente aplicables a la disposición, y viceversa.

De acuerdo con una forma de realización, la primera disposición de sensores tiene al menos un sensor óptico de posición, en particular al menos un detector sensible a la posición (PSD), que puede medir la posición de un punto luminoso en una o dos dimensiones. Por ejemplo, la primera disposición de sensores presenta dos sensores ópticos de posición separados espacialmente, en particular dos detectores sensibles a la posición. El al menos un sensor óptico de posición puede colocarse espacialmente de manera que cada rayo láser del primer subconjunto detectado por el sensor óptico de posición experimente un cambio significativamente mayor en el ángulo del haz en una primera de dos direcciones espaciales cuando cambia la longitud de onda del rayo láser que en la segunda de las dos direcciones espaciales, de manera que ventajosamente basta con una detección unidimensional del punto luminoso. Puede verse un dispositivo de desviación para desviar los rayos láser del primer subconjunto en la dirección de la primera disposición de sensores.

La segunda disposición de sensores puede estar equipada con sensores ópticos de posición u otros sensores ópticos que detecten el patrón de luz proyectado o registren una imagen del patrón de luz. El dispositivo de procesamiento para analizar el patrón de luz puede ser un ordenador con un soporte de datos en el que se ejecuta un software para analizar el patrón de luz, teniendo en cuenta los cambios de ángulo de los haces del segundo subconjunto de rayos láser.

Otro aspecto de la solicitud se refiere a un uso de acuerdo con la reivindicación 15 de la disposición descrita con anterioridad para triangulación láser, en donde un rayo láser de entrada se abre en abanico mediante un elemento óptico difractivo para formar un haz de rayos láser con ángulos de haz respectivos y el cambio de ángulo de haz se compensa mediante el procedimiento descrito con anterioridad.

El procedimiento y la disposición se explican a continuación con referencia a los dibujos adjuntos utilizando ejemplos de formas de realización. En las figuras,

Figura 1 muestra una disposición de medición para la medición tridimensional de objetos como ejemplo de una aplicación de un procedimiento para compensar los cambios en el ángulo del haz de un haz de rayos láser generado por un elemento óptico difractivo;

Figura 2 muestra una representación esquemática de una disposición para compensar los cambios en el ángulo del haz de un haz de rayos láser generado por un elemento óptico difractivo; y

Figura 3 es un primer subconjunto de los rayos láser generados según el procedimiento para determinar un valor del ángulo del haz y un patrón de luz de un segundo subconjunto de los rayos láser proyectados según el procedimiento mostrado en la Figura 2.

La Figura 1 muestra una representación esquemática en perspectiva de un dispositivo de medición para la medición tridimensional de objetos 7, por ejemplo, mediante la decodificación de una palabra de código definida por un patrón de luz 4, que puede utilizarse para medir una altura y un perfil de altura del objeto 7. El dispositivo, que se describe con más detalle en la solicitud de patente europea N.º 20180153.7, sirve como ejemplo de aplicación de un procedimiento para compensar los cambios en el ángulo de un haz 12 de rayos láser generados por un elemento óptico difractivo 9, véase la Figura 2. El procedimiento comprende los siguientes pasos:

- determinación de un valor del ángulo del haz a partir de al menos un ángulo del haz A_i de un primer subconjunto 17 de los rayos láser,
- detección del patrón de luz 4 proyectado por un segundo subconjunto 18 de los rayos láser,
- evaluación del patrón de luz 4, en donde la evaluación se lleva a cabo teniendo en cuenta los cambios de ángulo de haz de los ángulos de haz del segundo subconjunto 18 de los rayos láser sobre la base del valor de ángulo de haz determinado.

Una disposición para llevar a cabo el procedimiento según la Figura 2 tiene una primera disposición de sensores 10 para determinar el valor del ángulo del haz a partir del al menos un ángulo del haz del primer subconjunto 17 de los rayos láser, una segunda disposición de sensores 16 para detectar el patrón de luz 4 proyectado por el segundo subconjunto 18 de los rayos láser y un dispositivo de procesamiento 15 para evaluar el patrón de luz 4 teniendo en cuenta los cambios del ángulo del haz de los ángulos del haz del segundo subconjunto 18 de los rayos láser sobre la base del valor del ángulo del haz determinado.

La disposición de medición mostrada en la Figura 1 comprende un dispositivo de detección 1 con la segunda disposición de sensores 16 para detectar el patrón de luz 4 proyectado por el segundo subconjunto 18 de los rayos láser, por ejemplo, con sensores ópticos que detectan el patrón de luz 4 proyectado o registran una imagen del patrón de luz 4. El dispositivo de detección 1 presenta un campo de visión 2, que puede verse en perspectiva en la presente ilustración. El campo de visión 2 del dispositivo de detección 1 se indica mediante líneas de puntos. El campo de visión 2 del dispositivo de detección 1 se extiende en la dirección de un eje de extensión X y, en menor medida, en la dirección de transporte T transversal al eje de extensión X. El dispositivo de medición comprende, además, una iluminación 3, que proyecta el patrón de luz 4 en la dirección de un plano de referencia 5. El plano de referencia 5 está delimitado por la superficie de una cinta transportadora 6. La cinta transportadora 6 se desplaza en la dirección de transporte T. Sobre la cinta transportadora 6 se desplaza en la dirección de transporte T un objeto 7, por ejemplo, en forma de paquete.

La iluminación 3 proyecta el patrón de luz 4 sobre la cinta transportadora 6 y el objeto 7 con el segundo subconjunto 18 de los rayos láser en una zona de proyección 8, en la que el patrón de luz 4 puede tener forma de banda en la dirección del eje de extensión X. La zona de proyección 8 se indica mediante líneas discontinuas. El objeto 7 es transportado a través de la zona de proyección 8 y a través del campo de visión 2. En la zona en la que el objeto 7 es transportado a través de la zona de proyección 8, la zona de proyección 8 y el campo de visión 2 están dispuestas de forma coplanar o superpuesta entre sí. Esto significa que el dispositivo de detección 1 siempre puede detectar el patrón de luz 4 proyectado sobre el objeto 7 en la zona en la que el objeto 7 es transportado a través de la zona de proyección 8. En este caso, el campo de visión 2 se extiende en la dirección de transporte T al menos tanto como la zona de proyección 6. Esto significa que el patrón de luz 4 se encuentra siempre en el campo de visión 2 del dispositivo de detección 1.

La Figura 2 muestra una representación esquemática de la disposición para compensar los cambios de ángulo del haz en el haz 12 de rayos láser generados por el elemento óptico difractivo 9, que está asociado a la iluminación 3 de la Figura 1.

Una fuente de luz 14 emite un rayo láser de entrada 11 sobre el elemento óptico difractivo 9, en lo sucesivo también denominado DOE 9 para abreviar, posiblemente a través de elementos de desviación tales como, por ejemplo, espejos. El rayo láser de entrada 11 es desplegado en abanico por el DOE 9, formando el patrón de luz 4. Cuando el rayo láser 11 atraviesa el DOE 9, el haz se divide en el haz 12 por interferencia. Cada rayo láser del haz 12 se desvía en un ángulo de haz individual A_i en relación con el rayo láser de entrada 11. Los ángulos del haz A_i se definen mediante los parámetros del DOE 9 y la longitud de onda de la luz incidente del rayo láser de entrada 11. Si se conoce el ángulo de apertura A_i de cualquier rayo láser del haz 12, los ángulos del haz también pueden corregirse para todos los demás rayos láser del haz 12.

Los rayos láser del haz 12 se dividen en un primer subconjunto 17 de rayos láser y un segundo subconjunto 18 de rayos láser. La primera disposición de sensores 10 para determinar el valor del ángulo del haz a partir de al menos uno de los ángulos del haz del primer subconjunto 17 de los rayos láser está asociada a la iluminación 3.

En este caso, los rayos láser del primer subconjunto 17 no salen de la iluminación 3, sino solo los rayos láser del segundo subconjunto 18, que proyectan el patrón de luz 4. La segunda disposición de sensores 16 para detectar el patrón de luz 4 proyectado por el segundo subconjunto 18 de los rayos láser está asignada al dispositivo de detección 1 (Figura 1). Se prevé un dispositivo de procesamiento 15 para evaluar el patrón de luz 4, teniendo en cuenta los cambios del ángulo del haz del segundo subconjunto 18 de los rayos láser sobre la base del valor determinado del ángulo del haz del primer subconjunto 17 de los rayos láser. Existe una conexión, mostrada esquemáticamente por la línea discontinua, para transferir el valor determinado del ángulo del haz del primer subconjunto 17 de los rayos láser desde la primera disposición de sensores 10 al dispositivo de procesamiento 15. Alternativamente, el dispositivo de procesamiento 15 también puede estar asignado al dispositivo de detección 1 o a la iluminación 3 o no estar asignado ni al dispositivo de detección 1 ni a la iluminación 3. La primera disposición de sensores 10 presenta, por ejemplo, al menos un sensor óptico de posición, en particular al menos un detector sensible a la posición. En el ejemplo de realización ilustrado, la primera disposición de sensores 10 presenta dos detectores sensibles a la posición separados espacialmente. De este modo, el valor del ángulo del haz se determina utilizando dos grupos de rayos láser 17a, 17b del primer subconjunto 17, en donde los ángulos del haz de los rayos láser de los dos grupos de rayos láser 17a, 17b se detectan con los dos detectores ópticos de posición espacialmente separados de la primera disposición de sensores 10. De este modo, el primer subconjunto 17 puede comprender más de un rayo láser. Además, cada uno de los dos grupos de rayos láser 17a, 17b puede comprender al menos dos rayos láser que, por ejemplo, tienen el mismo ángulo de haz en una dirección espacial y, por lo tanto, pueden ser detectados ventajosamente por uno y el mismo sensor óptico de posición de la primera disposición de sensores 10. El al menos un sensor óptico de posición de la primera disposición de sensores 10 está posicionado espacialmente de tal manera que cada rayo láser del primer subconjunto 17 detectado por el sensor óptico de posición experimenta un cambio significativamente mayor en el ángulo del haz en una primera de dos direcciones espaciales cuando cambia la longitud de onda del rayo láser que en la segunda de las dos direcciones espaciales. Por lo tanto, el sensor óptico de posición ventajosamente solo necesita detectar la posición del rayo láser en una dirección. Con los sensores ópticos de posición de la primera disposición de sensores 10, los saltos de modo y, además, las derivas de temperatura dentro de una meseta de modo de la fuente de luz láser 14 se detectan mediante los rayos láser detectados del primer subconjunto 17.

El procedimiento se explica con más detalle a continuación haciendo referencia a las Figuras 1 a 3. El segundo subconjunto 18 de los rayos láser generados por el DOE 9 forma el patrón de luz 4 de, por ejemplo, 901 rayos láser, que se proyecta sobre los objetos 7 a fin de permitir una medición tridimensional de una superficie del objeto 7, por ejemplo, en la clasificación de paquetes, cuando los objetos 7 o paquetes 7 se desplazan sobre la cinta transportadora 6. La altura del objeto 7 se determina mediante triangulación láser, para lo cual la iluminación láser 3 se desplaza hacia el dispositivo de detección 1. El patrón de luz proyectado 4, compuesto por puntos láser, es detectado por la segunda disposición de sensores 16 y la posición de los puntos láser se analiza continuamente con cada detección o en cada imagen. En la publicación EP 2 728 305 A1, se describen más detalles al respecto. El principio de la triangulación láser requiere que los ángulos de haz A_i de los rayos láser del segundo subconjunto 18 se conozcan con la mayor precisión posible en todo momento o durante cada adquisición o captura de imagen, ya que son esenciales para calcular la distancia del objeto 7 que se va a medir. Para ello, se genera un conjunto de datos de alta precisión, por ejemplo, en forma de tabla de consulta (LUT), de todos los ángulos de los haces (StrahlLUT) en un paso de calibración previo a su uso. Si el procesamiento rápido de los datos tiene una importancia secundaria, la información sobre el haz también puede almacenarse en otros conjuntos de datos de parámetros. Si, por ejemplo, solo se tiene en cuenta una dirección espacial al desviar los rayos láser, se aplica lo siguiente a todos los ángulos del haz:

$$\sin(A_i) = \lambda \cdot k_i,$$

En donde k_i representa las frecuencias espaciales que están codificadas en la estructura superficial del DOE 9 y λ la longitud de onda de la luz láser emitida. Si ahora cambia la longitud de onda λ de la luz incidente, el ángulo del haz de cada rayo láser emergente del haz 12 cambia en consecuencia, con la posible excepción de un rayo láser central que no se desvía. El ángulo del haz A_i de cada rayo láser desviado del haz 12 indica así el cambio en la longitud de onda y los parámetros DOE k_i conocidos indican el cambio en el ángulo de todos los demás rayos láser emergentes. Por lo tanto, solo es necesario detectar el valor del ángulo del haz de al menos un ángulo del haz del primer subconjunto 17 de los rayos láser para conocer el cambio del ángulo del haz relacionado con la longitud de onda de los rayos láser del segundo subconjunto 18 de los rayos láser generados por el DOE 9. Esto se utiliza entonces al evaluar el patrón de luz 4, en donde la evaluación se lleva a cabo teniendo en cuenta los cambios del ángulo del haz del segundo subconjunto 18 de los rayos láser utilizando el valor del ángulo del haz determinado, por ejemplo, corrigiendo la LUT del ángulo del haz almacenada por el cambio actual del ángulo del haz.

Para este propósito, el DOE 9 está diseñado, por ejemplo, de tal manera que los dos grupos de rayos láser 17a, 17b, que se utilizan para medir los ángulos de haz de los rayos láser del primer subconjunto 17, se proyectan por debajo del patrón de luz 4 para la medición tridimensional del objeto 7. Estos dos grupos de rayos láser 17a, 17b se proyectan o desvían cada uno sobre uno de los sensores ópticos de posición de la primera disposición de sensores 10. Como elementos de desviación, pueden utilizarse, por ejemplo, espejos que no se muestran aquí. Cada uno de

los grupos de rayos láser 17a, 17b consta, por ejemplo, de tres rayos láser muy próximos entre sí. Los detectores sensibles a la posición (PSD) de la primera disposición de sensores 10 se utilizan, por ejemplo, como sensores ópticos de posición. Alternativamente, también pueden utilizarse sensores de imagen de barrido lineal o matriciales. En lo sucesivo, la abreviatura PSD también se utiliza como representativa de todos los tipos de sensores aplicables.

La funcionalidad básica ya se consigue con un solo grupo de rayos láser 17a y un solo PSD para detectar el ángulo del haz. Si se utilizan dos grupos de rayos láser 17a, 17b cuyos ángulos de haz A_i tienen signos diferentes, es decir, que se desvían en direcciones opuestas respecto a la dirección del rayo láser incidente 11, se obtiene una ventaja adicional. Si dos grupos de rayos láser 17a, 17b son detectados por los dos sensores de posición de la primera disposición de sensores 10 después de la misma longitud de recorrido óptico, entonces en el caso de un cambio puramente relacionado con la longitud de onda en los ángulos del haz A_i , se registra un cambio que es idéntico en valor absoluto pero opuesto en signo. Si el ángulo del haz A_i también se ve afectado por otros efectos, como el apuntamiento del haz o la desalineación mecánica de la fuente de luz láser 14 o, eventualmente, de la óptica de desviación antes de pasar por el DOE 9, estos cambios se perciben de forma idéntica en tamaño y dirección de movimiento en ambos PSD de la primera disposición de sensores 10. Esto permite diferenciar favorablemente entre la influencia de la longitud de onda y otras influencias. Si, además de la influencia de la modificación de la longitud de onda, se puede suponer que otros efectos son pequeños, los valores de medición necesarios para la corrección de la LUT del haz ya se pueden registrar con un rayo láser del primer subconjunto 17 y un PSD de la primera disposición de sensores 10. Los movimientos de los puntos láser registrados por los PSD de la primera disposición de sensores 10 se convierten en cambios del ángulo del haz utilizando la geometría conocida de la estructura. El valor del ángulo del haz representa el ángulo del haz resultante de los cambios del ángulo del haz. El término valor del ángulo del haz se utiliza para distinguirlo del ángulo del haz A_i de un rayo láser individual. La Fórmula 1 puede utilizarse para determinar el cambio de longitud de onda subyacente $\Delta\lambda$ a partir del cambio de ángulo del haz que, a su vez, puede utilizarse para calcular el cambio de todos los ángulos del haz A_i . Con la información sobre el cambio del ángulo del haz de todos los rayos láser del segundo subconjunto 18, la LUT del haz puede actualizarse en el lado del software antes de procesar cada patrón de luz 4. La triangulación láser puede entonces realizarse con esta LUT de haz actualizada, ajustada para el efecto de interferencia del cambio de longitud de onda (y posiblemente otros efectos). De este modo, pueden registrarse los cambios de ángulo del haz causados por cambios de longitud de onda en el intervalo subnanométrico, por ejemplo, con una resolución inferior a 0,5 nanómetros, en particular, de alrededor de 0,2 nanómetros. Para determinar una longitud de onda de los rayos láser, la disposición descrita también puede utilizarse alternativa y/o adicionalmente como una variante rentable del medidor de ondas tras una calibración previa.

La Figura 3 muestra el patrón de luz 4 proyectado, formándose columnas del patrón de luz 4 en la dirección del eje de extensión X. Los dos grupos de rayos láser 17a, 17b del primer subconjunto 17 se muestran debajo del patrón de luz 4 real. Cada uno de ellos tiene tres rayos láser, cuyos puntos de luz se muestran como puntos de medición 13 en los detectores sensibles a la posición de la primera disposición de sensores 10. Los puntos de medición 13 pueden, por ejemplo, disponerse uno al lado del otro perpendicularmente a un eje de medición del PSD en la dirección Y. Esto permite un montaje sencillo y rápido, ya que no es necesario ajustar con precisión el PSD a un único punto láser. Los PSD de la primera disposición de sensores 10 están alineados de tal manera que la medición solo tiene lugar a lo largo del eje X, es decir, un movimiento unidimensional del cambio en el ángulo del haz causado por el cambio en la longitud de onda. La compensación de la LUT de los ángulos del haz A_i se realiza con un programa informático del dispositivo de procesamiento 15 para evaluar el patrón de luz 4 ajustando los datos del conjunto de datos en caso de desviación del valor del ángulo del haz determinado con respecto a un valor de referencia en función de una diferencia entre el valor de referencia y el valor del ángulo del haz determinado.

Lista de signos de referencia

- 1 Dispositivo de detección
- 2 Zona de detección
- 3 Iluminación
- 4 Patrón de luz
- 5 Plano de referencia
- 6 Cinta transportadora
- 7 Objeto
- 8 Zona de proyección
- 9 Elemento óptico difractivo, DOE
- 10 Primera disposición de sensores
- 11 Rayo láser de entrada
- 12 Haz de rayos
- 13 Puntos de medición
- 14 Fuente de luz láser
- 15 Dispositivo de procesamiento
- 16 Segunda disposición de sensores
- 17 Primer subconjunto de rayos láser
- 17a, 17b Grupos de rayos láser
- 18 Segundo subconjunto de rayos láser

X Eje de extensión
Y Eje longitudinal
T Dirección de transporte
5 Ai Ángulo del haz

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para compensar cambios en el ángulo del haz de un haz (12) de rayos láser con ángulos de haz respectivos generados por un elemento óptico difractivo (9), con los pasos de:

- determinar un valor de ángulo de haz a partir de al menos un ángulo de haz de un primer subconjunto (17) de los rayos láser,
- detectar un patrón de luz (4) proyectado por un segundo subconjunto (18) de los rayos láser,
- evaluar el patrón de luz, teniendo en cuenta en la evaluación los cambios de ángulo de los ángulos de haz del segundo subconjunto de rayos láser a partir del valor de ángulo de haz determinado, caracterizado porque el valor del ángulo del haz se determina con una primera disposición de sensores (10), en donde la primera disposición de sensores está asociada a una iluminación (3) en la que se genera el haz (12) de rayos láser, y en donde solo el segundo subconjunto (18) de los rayos láser para proyectar el patrón de luz (4) abandona la iluminación (3).

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque se utiliza un conjunto de datos con datos para evaluar el patrón de luz (4), en donde los datos se adaptan en función del valor del ángulo del haz determinado.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque los datos del conjunto de datos se adaptan en caso de desviación del valor del ángulo del haz determinado con respecto a un valor de referencia en función de una diferencia entre el valor de referencia y el valor del ángulo del haz determinado.

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el patrón de luz detectado (4) se cambia a un patrón de luz corregido, teniendo en cuenta el valor del ángulo del haz determinado, y se evalúa el patrón de luz corregido.

5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el valor del ángulo del haz se determina detectando el ángulo del haz de al menos un rayo láser del primer subconjunto (17) con al menos un sensor óptico de posición.

6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el primer subconjunto (17) se selecciona de tal manera que al menos un rayo láser del primer subconjunto experimenta un cambio sustancialmente mayor en el ángulo del haz en una primera de dos direcciones espaciales que en la segunda de las dos direcciones espaciales cuando cambia la longitud de onda del rayo láser.

7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el valor del ángulo del haz se determina utilizando dos grupos de rayos láser del primer subconjunto (17), en donde los ángulos del haz de los rayos láser de los dos grupos de rayos láser se detectan con dos sensores ópticos de posición espacialmente separados.

8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado porque el primer subconjunto comprende más de un rayo láser, en donde al menos dos de los rayos láser presentan el mismo ángulo de haz en una dirección espacial y son detectados por un mismo sensor óptico de posición.

9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado porque el primer subconjunto (17) de los rayos láser se dirige hacia el al menos un sensor óptico de posición mediante un dispositivo de desviación.

10. Disposición para compensar los cambios de ángulo de un haz de rayos láser con ángulos de haz respectivos generados por un elemento óptico difractivo (9), que presenta

- una primera disposición de sensores (10) para determinar un valor del ángulo del haz a partir de al menos uno de los ángulos del haz de un primer subconjunto (17) de los rayos láser,
- una segunda disposición de sensores (16) para detectar un patrón de luz (4) proyectado por un segundo subconjunto (18) de los rayos láser,
- un dispositivo de procesamiento (15) para evaluar el patrón de luz (4) teniendo en cuenta los cambios de ángulo de los ángulos de haz del segundo subconjunto (18) de rayos láser sobre la base del valor del ángulo de haz determinado, caracterizada porque la primera disposición de sensores (10) y el elemento óptico difractivo (9) están asociados a una iluminación (3), en donde solo el segundo subconjunto (18) de los rayos láser abandona la iluminación (3) para proyectar el patrón de luz (4).

11. Disposición de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizada porque la primera disposición de sensores (10) presenta al menos un sensor óptico de posición, en particular al menos un detector sensible a la posición.

12. Disposición de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizada porque la primera disposición de sensores (10) presenta dos sensores ópticos de posición espacialmente separados, en particular dos detectores sensibles a la posición.
- 5 13. Disposición de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 o 12, caracterizada porque el al menos un sensor óptico de posición está posicionado espacialmente de tal manera que cada rayo láser del primer subconjunto (17) detectado por el sensor de posición experimenta un cambio sustancialmente mayor en el ángulo del haz en una primera de dos direcciones espaciales que en la segunda de las dos direcciones espaciales cuando cambia la longitud de onda del rayo láser.
- 10 14. Disposición de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizada porque se prevé un dispositivo de desviación para desviar los rayos láser del primer subconjunto (17) en la dirección de la primera disposición de sensores (10).
- 15 15. Utilización de una disposición de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 14 para triangulación láser, en donde un rayo láser de entrada (11) es desplegado en abanico por un elemento óptico difractivo (9) para formar un haz de rayos láser con ángulos de haz respectivos y un cambio de ángulo de haz es compensado por un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9.

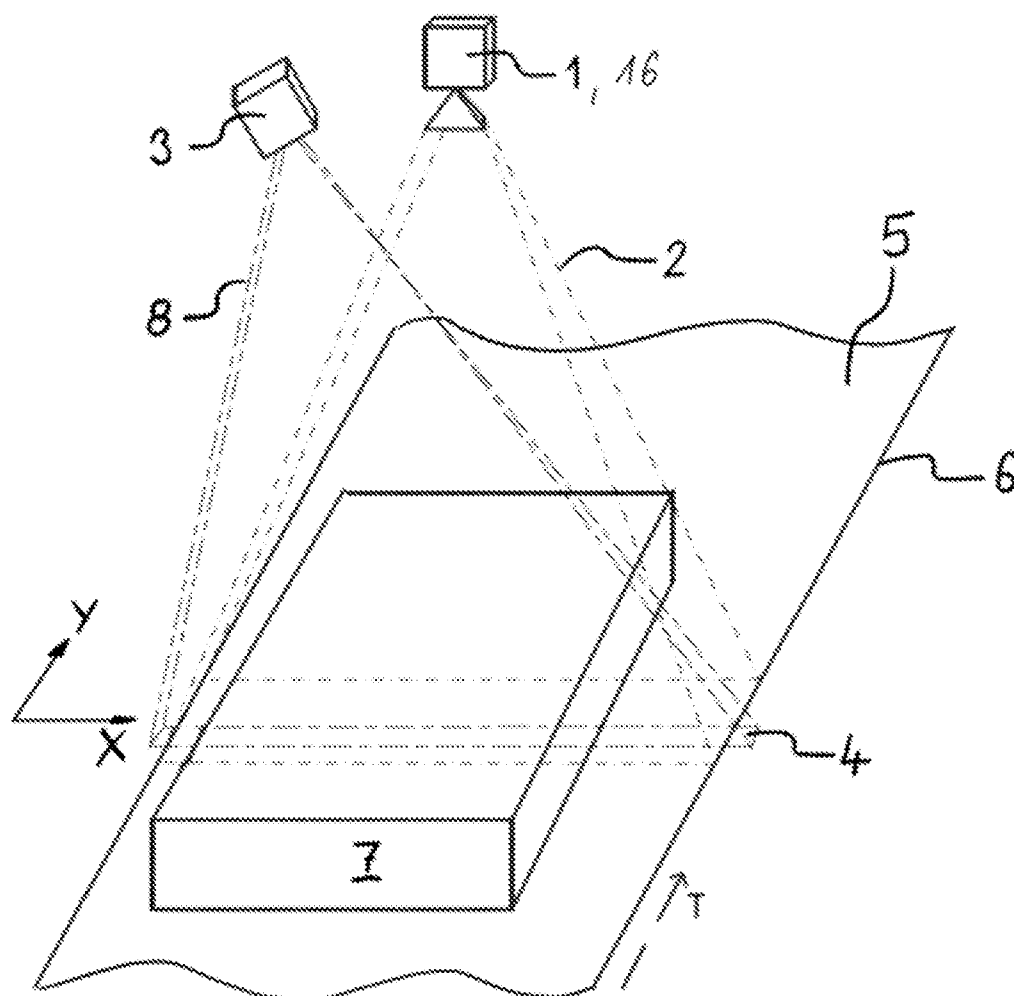


Fig. 1

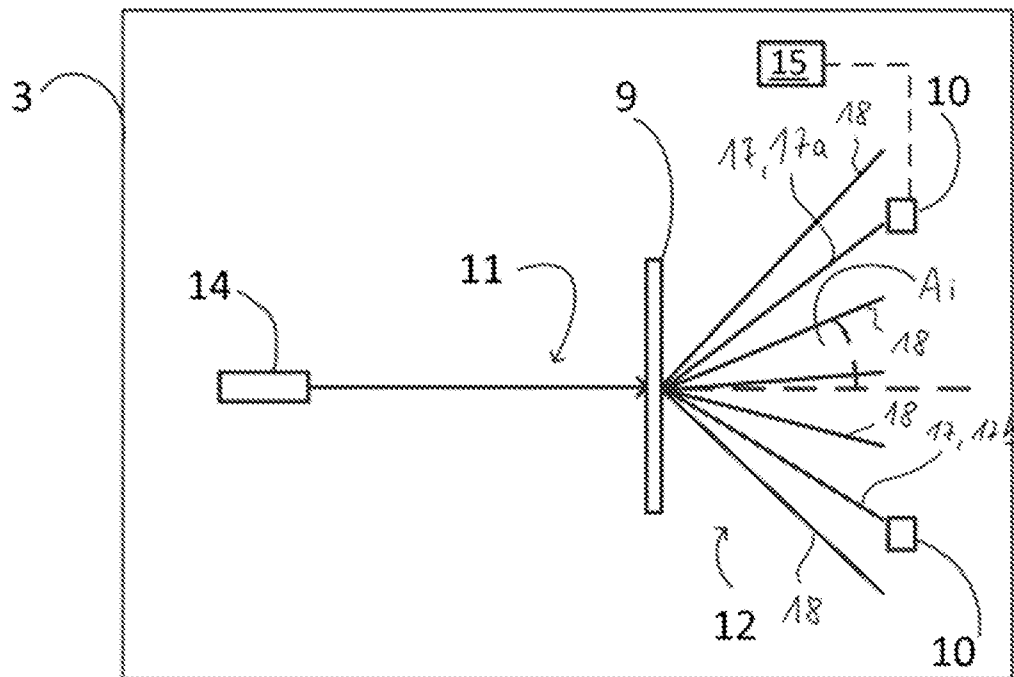


Fig. 2

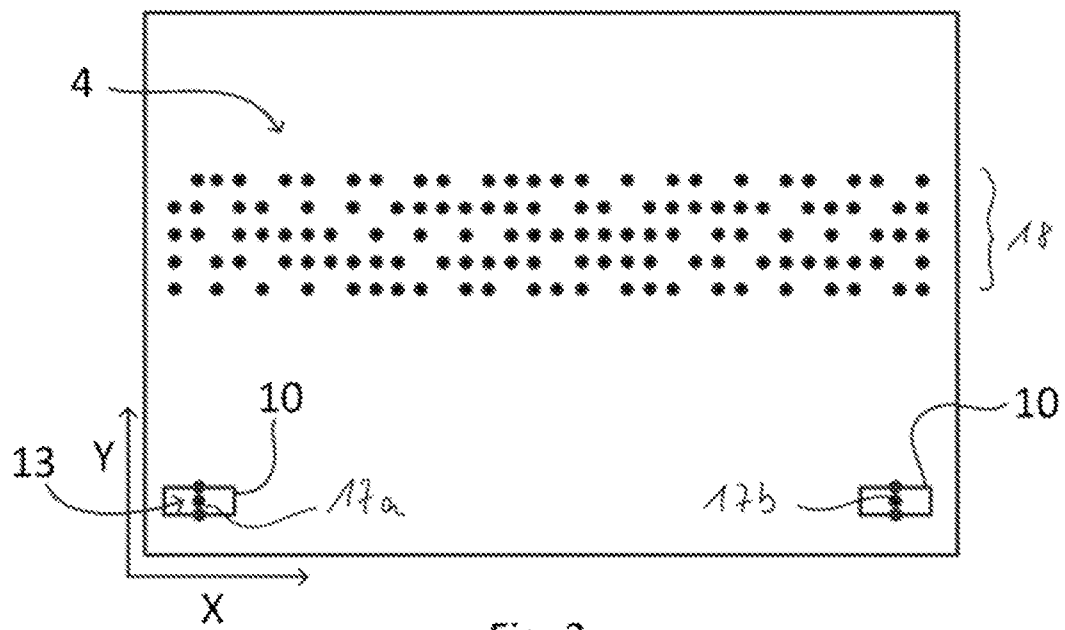


Fig. 3