

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 500**

51 Int. Cl.:

G01B 9/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.04.2009 PCT/EP2009/053878**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.11.2009 WO09132919**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2009 E 09737963 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.09.2016 EP 2283305**

54 Título: **Disposición interferométrica así como procedimiento para ajustar una diferencia de trayectoria**

30 Prioridad:

30.04.2008 DE 102008001482

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

11.04.2017

73 Titular/es:

**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)
Postfach 30 02 20
70442 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**FLEISCHER, MATTHIAS y
SEIFFERT, THOMAS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 608 500 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

Disposición interferométrica así como procedimiento para ajustar una diferencia de trayectoria

Estado de la técnica

5 La invención se refiere a una disposición interferométrica, especialmente a una disposición interferométrica de luz blanca, para medir un objeto de medición, especialmente para medir al menos una superficie de un objeto de medición, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 así como a un procedimiento para ajustar una diferencia de trayectoria entre haces de medición y haces de referencia en una disposición interferométrica de acuerdo con la reivindicación 12.

10 En el caso de interferómetros de luz blanca, la diferencia de trayectoria óptica entre haces de medición y haces de referencia se modifica en etapas con ayuda de un accionador piezoeléctrico. A este respecto, se registran imágenes de detector (imágenes de cámara). La diferencia de trayectoria óptica en la que aparecen las interferencias en las imágenes de detector es un indicador del valor de altura o de distancia medido.

15 En el caso de la mayoría de los interferómetros de luz blanca, el detector y los medios de ajuste se accionan en paralelo de manera desincronizada y sin relectura. Los interferómetros de luz blanca muy costosos regulan los medios de ajuste con ayuda de un interferómetro láser externo y mantienen así constante la exploración del objeto de medición por etapa, pero con un detector de funcionamiento libre. Una posibilidad para la sincronización del detector y de los medios de ajuste consiste en medir el camino de desplazamiento recorrido y disparar el detector dependiendo de este camino de desplazamiento en los puntos de exploración adecuados. No obstante, esto presupone el uso de un detector que puede dispararse, pudiendo aprovecharse entonces, sin embargo, solo la mitad de la velocidad del detector, puesto que, típicamente con los ajustadores lineales que se utilizan como medios de ajuste, la fluctuación de la anchura de exploración se encuentra entre el 50 % y el 200 %.

20 Si el acoplamiento entre la exploración por el detector y la modificación de la diferencia de trayectoria óptica no es precisa, esto repercute en la exactitud del resultado de medición. A este respecto, especialmente oscilaciones sistemáticas distorsionan el resultado de manera desproporcionada. Además, los efectos tribológicos repercuten de manera especialmente considerable por la baja velocidad de modificación de la diferencia de trayectoria de típicamente alrededor de 80 nm por ciclo de cámara.

El documento US 2004/0174535 revela una disposición interferométrica para medir un objeto de medición.

Revelación de la invención

Objetivo técnico

30 Por eso, la invención se basa en el objetivo de proponer una disposición interferométrica con la que pueden llevarse a cabo mediciones extraordinariamente precisas. Aparte de eso, el objetivo consiste en proponer un procedimiento que garantice una medición precisa para ajustar la diferencia de trayectoria entre haces de medición y haces de referencia.

Solución técnica

35 Este objetivo se resuelve en cuanto a la disposición interferométrica con las características de la reivindicación 1 y en cuanto al procedimiento con las características de la reivindicación 10.

40 Perfeccionamientos ventajosos de la invención están indicados en las reivindicaciones secundarias. En el contexto de la invención están incluidas todas las combinaciones de al menos dos de las características reveladas en la descripción, las reivindicaciones y/o las Figuras. Para evitar repeticiones, las características reveladas de acuerdo con el dispositivo también deberían considerarse y ser reclamables también como reveladas de acuerdo con el procedimiento. Del mismo modo, las características reveladas de acuerdo con el procedimiento deberían considerarse y ser reclamables como reveladas de acuerdo con el dispositivo.

45 La invención se basa en la idea de asignar los medios de sincronización a medios de ajuste que comprenden especialmente un ajustador lineal, que están conformados de tal manera que controlan los medios de ajuste de tal manera que la diferencia de trayectoria se ajusta preferentemente por el ajuste del elemento de referencia de manera sincronizada a las imágenes generadas que comprenden preferentemente una cámara digital. Dicho de otra manera, con ayuda de los medios de ajuste se sigue moviendo al menos un componente de la disposición interferométrica, especialmente el objeto de medición, de manera sincronizada a las imágenes tomadas por el detector, de manera que se obtiene un acoplamiento preciso entre la exploración del objeto de medición por la cámara y la modificación de la diferencia de trayectoria óptica, lo cual repercute positivamente en la exactitud del resultado de medición obtenido.

50 Dicho de otra manera más, los medios de ajuste se sincronizan con ayuda de medios de sincronización con la

frecuencia de imagen de las imágenes tomadas por el detector, con la consecuencia de que la diferencia de trayectoria entre los haces de medición y los haces de referencia se modifica de manera sincronizada a la frecuencia de imagen del detector. La previsión de este tipo de medios de sincronización resulta especialmente ventajosa en el caso de disposiciones interferométricas que funcionan con luz de coherencia corta, puesto que, en este caso, la diferencia de trayectoria óptica es un indicador fundamental del valor de altura o de distancia medido. Especialmente, la diferencia de trayectoria puede evaluarse como indicador del grosor del objeto de medición en el caso de la previsión de una disposición óptica específica que se explicará más adelante para la iluminación de dos superficies del objeto de medición. El patrón de movimiento con el que se ajustan los medios de ajuste a la diferencia de trayectoria no tiene que realizarse en etapas regulares, lo cual, sin embargo, resulta preferente. También puede realizarse un ajuste de diferencia de trayectoria continuo. Como alternativa, es posible que se realicen patrones de movimiento complejos, especialmente por la previsión de una tabla de consulta, como está descrito, en principio, en el documento "Claus Richter, Gerd Häusler: DGaO-Proceedings, 106, A4 (2005)".

De manera especialmente ventajosa, el ajuste se realiza mediante los medios de ajuste en las pausas (mínimas) entre dos imágenes. Especialmente cuando el tiempo de ajuste no es suficiente, puede resultar ventajoso disparar, adicionalmente a los medios de ajuste, una fuente de luz para iluminar el objeto de medición dependiendo de las imágenes, es decir, la frecuencia de imagen del detector, es decir, iluminar de forma pulsada el objeto de medición sincronizadamente a las imágenes, para garantizar de esta manera que se toma una imagen (visible) por el detector solo en el caso de medios de ajuste inactivos. A este respecto, la sincronización de la fuente de luz con el detector puede realizarse como se describe en el documento DE 10 2008 008 559.6, que debería considerarse en relación a esto como revelada correspondientemente al contenido de la revelación de la presente solicitud.

Resulta especialmente ventajosa una forma de realización de la disposición interferométrica en la que los medios de sincronización están conformados de tal manera que controlan los medios de ajuste de manera que una diferencia de trayectoria definida, es decir, una posición relativa definida entre dos elementos constructivos ajustables de la disposición, especialmente del elemento de referencia relativamente al detector, corresponde a cada imagen tomada por el detector. Por lo tanto, puede asignarse una diferencia de trayectoria definida entre los haces de medición y los haces de referencia a cada imagen y, como consecuencia, se determina el valor de posición (relativo) exacto en el que se produce por primera vez una interferencia entre los haces de medición reflejados por el objeto de medición y los haces de referencia reflejados especialmente por el elemento de referencia.

Resulta especialmente preferente una forma de realización en la que los medios de ajuste comprenden al menos un ajustador lineal, preferentemente un accionador piezoeléctrico (controlador piezoeléctrico). Con un controlador piezoeléctrico pueden realizarse carreras de ajuste mínimas muy exactas. De manera especialmente preferente, el accionador piezoeléctrico está dispuesto de tal manera que este ajusta el elemento de referencia, especialmente un espejo, de manera definida relativamente al detector, pudiendo ajustarse también mediante el accionador piezoeléctrico otros elementos constructivos de la disposición para influir sobre la diferencia de trayectoria entre los haces de medición y el haz de referencia, por ejemplo, el mismo objeto de medición.

De manera especialmente preferente, los medios de sincronización están conformados de tal manera que se evalúa una señal del detector, especialmente una señal de vídeo, del detector. Especialmente, los medios de sincronización supervisan la señal del detector con respecto a la presencia de impulsos integrales significativos a la señal. De manera especialmente preferente, los medios de sincronización supervisan la señal del detector en cuanto a la presencia de impulsos de sincronización de fotograma sobre cuya base los medios de sincronización generan consecuentemente señales de disparo para el control directo o indirecto de los medios de ajuste.

Los medios de sincronización comprenden un conmutador de separación que genera una señal de disparo, especialmente un impulso de fotograma, dependiendo de la presencia de un impulso integral de la señal de detector, en cuya dependencia los medios de ajuste ajustan la diferencia de trayectoria de los haces de medición con respecto a los haces de medición, es decir, la posición relativa entre dos elementos constructivos de la disposición interferométrica.

Los medios de sincronización comprenden un contador, realizado especialmente como conmutador de contador, cuyo valor de contador se modifica, especialmente se aumenta, dependiendo de la señal de disparo, especialmente por un valor definido, predeterminado o predeterminable. A este respecto, resulta especialmente preferente cuando la diferencia de trayectoria, que puede ajustarse mediante los medios de ajuste, es proporcional al valor de contador. Esto puede conseguirse especialmente por que el valor de contador se envía a un convertidor digital/analógico, controlándose los medios de ajuste por el convertidor digital/analógico de tal manera los medios de ajuste regulan un valor de posición (diferencia de trayectoria) proporcional a la tensión de salida del convertidor digital/analógico.

Resulta especialmente preferente cuando el contador está realizado como conmutador de contador que está integrado en un circuito integrado programable, especialmente en una *Field Programmable Gate Array* (FPGA), de manera que pueden llevarse a cabo modificaciones en el conmutador de contador por la programación sencilla de una EEPROM.

Resulta especialmente ventajosa una forma de realización de la disposición interferométrica en la que el detector comprende al menos una cámara digital con la que se toman imágenes de la superposición de los haces de medición reflejados por el objeto de medición y de los haces de referencia reflejados especialmente por el elemento de referencia.

5 Como se ha explicado anteriormente, resulta especialmente preferente cuando la disposición interferométrica está conformada de manera que funciona con luz de coherencia corta. Dicho de otra manera, está prevista una fuente de luz común que emite luz de coherencia corta para generar los haces de medición y los haces de referencia. A este respecto, de manera especialmente preferente, se trata de una fuente de luz blanca.

10 La invención también está dirigida a un procedimiento para ajustar una diferencia de trayectoria entre haces de medición de una trayectoria de haz de medición orientados a un objeto de medición y haces de referencia de una trayectoria de haz de referencia orientados a un elemento de referencia en una disposición interferométrica, que está conformada preferentemente de manera que funciona mediante luz de coherencia corta. A este respecto, para llevar a cabo el procedimiento, la disposición interferométrica comprende al menos un detector, que comprende preferentemente una cámara digital, para generar (tomar) imágenes de una superposición de los haces de medición reflejados por el objeto de medición y de los haces de referencia reflejados preferentemente por el elemento de referencia. De acuerdo con la invención, está previsto que la diferencia de trayectoria entre los haces de medición y los haces de referencia se ajusten con respecto a las imágenes tomadas por el detector, especialmente con respecto a la frecuencia de fotograma. Preferentemente, la diferencia de trayectoria entre los haces de referencia y los haces de medición se sincroniza con el detector de tal manera que a cada imagen tomada por el detector corresponde una diferencia de trayectoria definida, es decir, una posición relativa definida entre dos elementos constructivos de la disposición interferométrica, preferentemente entre el elemento de referencia conformado especialmente como espejo y el detector.

25 Resulta especialmente preferente una forma de realización de la disposición interferométrica en la que esta comprende una disposición óptica para iluminar al menos una superficie del objeto de medición, estando dispuesta la disposición óptica en la trayectoria de haz de medición de la disposición interferométrica, especialmente de un cabezal de medición del interferómetro de la disposición interferométrica. La disposición óptica para iluminar al menos una superficie del objeto prevé preferentemente al menos un primer elemento óptico que genera al menos una primera y al menos una segunda trayectoria de haz en el caso de haces de luz introducidos (haces de medición) de una fuente de luz que genera haces. A este respecto, los haces de luz en la primera trayectoria de haz están orientados, preferentemente de manera perpendicular, a una primera superficie de objeto a través de un segundo elemento óptico montado a continuación del primer elemento óptico en el recorrido de luz. Aparte de eso, haces de luz en la segunda trayectoria de luz están orientados, preferentemente de manera perpendicular, a una segunda superficie de objeto a través de un tercer elemento óptico montado a continuación del primer elemento óptico en el recorrido de luz. De manera ventajosa, los haces de luz en la primera trayectoria de luz proceden de un área lo más grande posible de la sección transversal de los haces de luz introducidos al primer elemento óptico, preferentemente de la sección transversal completa. Además, los haces de luz en la segunda trayectoria de luz también proceden de un área lo más grande posible de la sección transversal de los haces de luz introducidos al primer elemento óptico, asimismo preferentemente de la sección transversal completa.

40 Además, otros elementos ópticos para la guía de haces de los haces de luz introducidos (haces de medición) de los haces de luz pueden estar dispuestos en al menos la primera trayectoria de haz y/o los haces de luz en al menos la segunda trayectoria de haz. En este caso, se refiere a la guía de haces de los haces de luz hacia una superficie de objeto y/o de los haces de luz reflejados desde la respectiva superficie de objeto en dirección del detector de la disposición interferométrica.

45 Los haces de luz orientados perpendicularmente a las superficies de objeto y después reflejados discurren por la primera y/o segunda trayectoria de haces formada respectivamente hacia una superficie de objeto y después se vuelven a dirigir de manera opuesta. De manera ventajosa, los haces de luz reflejados en la primera trayectoria de haces y los haces de luz reflejados en la segunda trayectoria de haces están orientados paralelamente entre sí al menos respectivamente por una sección longitudinal de su recorrido de luz.

50 Una ventaja especialmente grande se produce cuando la primera y la segunda trayectoria de haces de los haces de luz reflejados presentan al menos una cobertura parcialmente espacial. Adicionalmente, resulta ventajoso cuando los haces de luz reflejados desde la primera y la segunda trayectoria de haces están orientados paralelamente entre sí dentro de esta cobertura. Esto quiere decir que la cobertura espacial de las trayectorias de haces discurre tanto por los haces de luz reflejados en la primera trayectoria de haces como por los haces de luz reflejados desde la segunda trayectoria de haces. Preferentemente, la cobertura de las trayectorias de haces de los haces de luz reflejados se introduce por la disposición de un al menos primer elemento óptico. Resulta especialmente ventajosa una cobertura completa de las trayectorias de haces de los haces de luz reflejados. De manera ventajosa, la cobertura en la sección transversal corresponde a toda la sección transversal de los haces de luz (haces de medición) introducidos en la disposición óptica.

Preferentemente, la disposición óptica está dispuesta en la trayectoria de haz de medición de un cabezal de medición del interferómetro. Por lo tanto, los haces de medición se introducen en la disposición óptica y después se aprovechan para la iluminación de las superficies del objeto.

5 La disposición interferométrica, especialmente debido a la conformación especial de la disposición óptica en comparación con el estado de la técnica, tiene la ventaja de que, de manera ideal, puede realizarse un gran campo de medición como superficie de objeto iluminada, especialmente cuando toda la sección transversal de los haces de medición introducidos dentro de la disposición óptica se aprovecha respectivamente para la formación de la al menos primera y/o de la al menos segunda trayectoria de haces.

10 Resulta especialmente muy ventajoso que para ilustrar la superficie de objeto respectivamente medida en un detector de la disposición interferométrica pueda aprovecharse una superficie de detector grande, preferentemente toda la superficie de detector. Esto se posibilita por que las trayectorias de haces de los haces de luz reflejados en las superficies del objeto se cubren al menos parcialmente, preferentemente por completo, y los haces de luz reflejados se encuentran entonces de manera preferente perfectamente centrados en la superficie del detector. Esto quiere decir que las mismas áreas de la superficie del detector pueden iluminarse al menos parcialmente con la medición de una
15 primera superficie del objeto y una segunda superficie del objeto. De esta manera, ventajosamente, al medir superficies de objeto circulares en comparación con el estado de la técnica, puede utilizarse para ilustrar una superficie cuatro veces más grande del detector.

20 De manera ventajosa, también se duplica con ello la resolución lateral al medir una superficie de objeto. Esto quiere decir que la medición de las mismas superficies de objeto se realiza de manera mucho más precisa que el caso de un dispositivo de medición ya conocido. Del mismo modo, es posible usar un detector más pequeño en al menos una misma exactitud de medición y/o al menos una superficie de objeto del mismo tamaño que va a medirse. Al contrario, también es posible mantener el tamaño del detector y en lugar de eso reducir la sección transversal de los haces de medición introducidos en la disposición óptica. Con ello, las superficies del objeto que van a medirse se iluminan de manera favorable con una mayor intensidad de luz. Por lo tanto, incluso con superficies de objeto poco reflejadas,
25 puede obtenerse su ilustración en el detector.

30 Resulta especialmente ventajoso que, en el caso de la disposición óptica para iluminar al menos una superficie del objeto de medición, los elementos ópticos estén dispuestos de tal manera que los haces de luz orientados a la primera superficie del objeto estén orientados paralela o antiparalelamente a los haces de luz orientados a la segunda superficie del objeto. Por consiguiente, pueden iluminarse superficies de objeto dispuestas paralelamente entre sí. Dentro de la disposición interferométrica puede medirse entre sí entonces, de manera ideal, la distancia de las dos superficies de objeto. En el caso de superficies de objeto paralelas opuestas, se puede determinar por lo tanto el grosor del objeto en el lugar de las superficies de objeto medidas. Del mismo modo, se puede comprobar el paralelismo de las superficies de objeto entre sí.

35 Resulta especialmente ventajoso cuando en la disposición óptica al menos uno de los elementos ópticos es un divisor de haz. De manera favorable, puede influirse entonces la guía de haces de los haces de luz que inciden en el divisor de haz de manera que los haces de luz se dividen y, por lo tanto, se forman al menos haces de luz en una primera y al menos haces de luz en una segunda trayectoria de haces. En este caso, por un divisor de haz se entiende un elemento óptico en el que haces de luz en la al menos primera trayectoria de haces formada y en la al menos segunda trayectoria de haces formada proceden de al menos una misma área de sección transversal de los haces de luz
40 introducidos en el divisor de haz, preferentemente de la misma sección transversal. Un divisor de haz muy sencillo de este tipo es un cristal parcialmente azogado que, por ejemplo, está dispuesto en un ángulo de 45° respecto a los haces de luz introducidos. Una parte de los haces de luz incidentes se refleja en la superficie de objeto de la luna en un ángulo de 90°, otra parte penetra en la luna. En una forma muy ampliada, un divisor de haz de este tipo consta de dos prismas que están pegados con un pegamento óptico como, por ejemplo, el pegamento UV Norland Optical Adhesive
45 63.

Una forma de realización especial de la disposición óptica prevé que el primer elemento óptico para formar al menos una primera y al menos una segunda trayectoria de haces es un divisor de haz. De manera ventajosa, se iluminan entonces simultáneamente la al menos primera y la al menos segunda superficie de objeto.

50 Una variante de realización prevé además usar un divisor de haz en el que los haces de luz en la primera trayectoria de haces formada están orientados preferentemente en ángulo recto respecto a los haces de luz que inciden en el divisor de haz. Aparte de eso, se propone un divisor de haz en el que los haces de luz en la segunda trayectoria de haces formada están dirigidos y sin desviación respecto a los haces de luz que inciden en el divisor de haz. Preferentemente, una tal disposición óptica propuesta se posiciona entonces dentro de la disposición interferométrica de tal manera que el eje óptico de la segunda trayectoria de haces formada se encuentra en el eje óptico de los haces de medición
55 formados en el sistema interferométrico.

Generalmente, resulta ventajoso para la conformación de la disposición óptica cuando al menos un elemento óptico es un espejo o un prisma para desviar, por ejemplo, haces de luz por reflexión en una dirección de haces preferente. Hay

que evitar preferentemente desviaciones de luz como consecuencia de la refracción de luz dentro del prisma. Por lo demás, adicionalmente se realiza un desdoblamiento espectral de la luz.

Otra forma de realización ventajosa de la disposición óptica propone utilizar un espejo y/o un prisma como segundo y/o tercer elemento óptico montado a continuación del primer elemento óptico. Por regla general, los sistemas interferométricos presentan una (denominada) longitud operativa fija. En el caso de esta longitud operativa, se trata del máximo camino óptico recorrido por haces de medición reflejados en una superficie de objeto en la que puede obtenerse otra ilustración enfocada de la superficie de objeto en el detector a través del objetivo. De manera ventajosa, los prismas prolongan este recorrido de trabajo aproximadamente 1/3 de su recorrido de cristal atravesado. Adicionalmente, está reducido el peligro de corrientes de aire que se producen en la trayectoria de haces que, por regla general, influyen negativamente en el resultado de medición.

Resulta especialmente ventajoso cuando al menos un elemento óptico de la disposición óptica para la refracción de los haces de luz es una lente o un sistema de lentes. De manera ventajosa, puede disminuirse la sección transversal de los haces de luz en dirección del recorrido de luz. Con ello, puede aumentarse la intensidad de luz en la trayectoria de haces consecutiva. Del mismo modo, es posible aumentar la sección transversal de los haces de luz. En conjunto, con ello se consigue, por ejemplo, que pueda iluminarse una mayor superficie del objeto.

Breve descripción de los dibujos

Otras ventajas, características y detalles de la invención se deducen de la siguiente descripción de los ejemplos de realización preferentes así como mediante el dibujo. Este muestra en la única Fig. 1 una representación esquemática de una disposición interferométrica que comprende una disposición óptica.

Forma de realización de la invención

En la Fig. 1 está mostrada una disposición interferométrica 300 para medir superficies de objeto; a este respecto, un cabezal de medición del interferómetro está denominado con 100. A este respecto, el cabezal de medición del interferómetro 100 está estructurado en forma de un interferómetro que mide superficies, en este caso un interferómetro de luz blanca. El diseño contiene una fuente de luz 10 que genera haces, que emite haces de luz de coherencia corta en una óptica de iluminación 20. Con ello, se forma una trayectoria de haces de iluminación 30. Un primer prisma invertido 40 dispuesto en la trayectoria de haces de iluminación 30 provoca una desviación de los haces de luz de tal manera que los haces de luz están dirigidos perpendicularmente a un primer divisor de haz 50. El primer divisor de haz 50 provoca una separación de los haces de luz en una parte de los haces de referencia dentro de una trayectoria de haz de referencia 70 y en una parte de los haces de medición dentro de una trayectoria de haz de medición 205; a este respecto, los haces de referencia están orientados en la misma dirección y los haces de medición están orientados en ángulo recto respecto a los haces de luz de la trayectoria de haces de iluminación 30 que inciden en el divisor de haz 50. Los haces de referencia se desvían a través de un segundo prisma invertido 60 dispuesto en la trayectoria de haz de referencia 70 de tal manera que están dirigidos perpendicularmente a un elemento de referencia 75, por ejemplo, un espejo de referencia. Los haces de referencia reflejados entonces en el elemento de referencia 75 atraviesan por lo tanto la trayectoria de haz de referencia 70 a través del segundo prisma invertido 60 y se vuelven a dirigir de manera opuesta hasta el primer divisor de haz 50. Por otra desviación en ángulo recto por el primer divisor de haz 50, los haces de referencia están dirigidos finalmente por un objetivo 80 dispuesto en el recorrido de luz a través de un detector 90, en este caso una cámara digital. La dirección de haces de los haces de referencia incidentes en el detector 90 está dirigida de manera opuesta a los haces de medición formados por el primer divisor de haz 50.

En la trayectoria de haz de medición 205 del cabezal de medición del interferómetro 100 está dispuesta una disposición óptica 200. A este respecto, los haces de medición están dirigidos a un segundo divisor de haz 250. A este respecto, de manera ventajosa, el eje óptico de la trayectoria de haz de medición 205 coincide con el eje óptico del segundo divisor de haz 250. Se permite un desplazamiento de los ejes ópticos, especialmente hasta una dimensión de desplazamiento en la que está garantizado de manera ventajosa que los haces de medición se encuentran con toda la sección transversal de la trayectoria de haz de medición 205 en el segundo divisor de haz 250. El segundo divisor de haz 250 corresponde a un primer elemento óptico dentro de la disposición óptica 200 para formar una primera trayectoria de haces 210 y una segunda trayectoria de haces 220. A este respecto, haces de luz en la primera trayectoria de haces 210 están orientados en ángulo recto respecto a los haces de medición; por el contrario, los haces de luz en la segunda trayectoria de haces 220 discurren en prolongación rectilínea respecto a los haces de medición incidentes en el segundo divisor de haz 250.

De manera ventajosa, los haces de luz pueden proceder tanto en la primera trayectoria de haces 210 como en la segunda trayectoria de haces 220 de toda la sección transversal de la trayectoria de haz de medición 205. Por consiguiente, en el caso de los haces de luz dentro de la primera y de la segunda trayectoria de haces 210, 220, se trata además de haces de medición con respectivamente entonces menor intensidad de luz por la separación. Además, de manera favorable, la sección transversal de la primera y de la segunda trayectoria de haces 210, 220 corresponde a la sección transversal de la trayectoria de haz de medición 205.

En la primera trayectoria de haces 210 está dispuesto un primer espejo 260 de tal manera que haces de medición están orientados entonces por reflexión perpendicularmente a una primera superficie de objeto 281 de un objeto de medición 280. Del mismo modo, en la segunda trayectoria de haces 220 está dispuesto un segundo espejo 270 de tal manera que haces de medición están orientados a una segunda superficie de objeto 282 del objeto de medición 280. A este respecto, el objeto de medición 280 con la segunda superficie de objeto 282 está dispuesto de manera superpuesta en un portador 240 radiotransparente. Por consiguiente, la disposición interferométrica 300 mostrada en el espacio está dispuesta de tal manera que la primera superficie de objeto 281 se ilumina desde arriba en la dirección espacial vertical Y y la segunda superficie de objeto 282 se ilumina desde abajo en la dirección espacial vertical Y por el portador 240 radiotransparente. Los haces de medición reflejados en la primera y en la segunda superficie de objeto 281, 282 atraviesan entonces la primera y la segunda trayectoria de haces 210, 220 a través del primer y el segundo espejo 260, 270 y se vuelven a dirigir de manera opuesta hasta el otro divisor de haz 250. Los haces de medición reflejados desde la segunda trayectoria de haces 220 se introducen entonces sin desviación de manera paralela al eje en el objetivo 80, por ejemplo, un objetivo telecéntrico, y se dirigen perpendicularmente al detector 90. Por el contrario, los haces de medición en la primera trayectoria de haces 210 se desvían por el segundo divisor de haz 250 en ángulo recto respecto a su dirección de haces anterior y entonces se introducen de manera paralela al eje en el objetivo 80 y después se dirigen perpendicularmente al detector 90.

La trayectoria de haces de los haces de medición reflejados en la primera superficie de objeto 281 y la trayectoria de haces de los haces de medición reflejados en la segunda superficie de objeto 282 son coincidentes dentro de la trayectoria de haces de ilustración 230 del objetivo 80. Los haces de medición reflejados incidentes en el detector 90 interfieren con los haces de referencia contenidos asimismo en la trayectoria de haces de ilustración 230 e incidentes en el detector 90.

El objeto de medición 280 se dispone dentro de la disposición óptica 200 de tal manera que los haces de medición incidentes en la primera superficie de objeto 281 y reflejados después y los haces de medición incidentes en la segunda superficie de objeto 282 y asimismo reflejados atraviesan distintos recorridos ópticos. Toda la diferencia de recorrido de las dos longitudes de recorrido óptico es preferentemente mayor que la longitud de coherencia de la fuente de luz 10. Por lo tanto, se evita que los haces de medición reflejados desde la primera superficie de objeto 281 y la segunda superficie de objeto 282 interfieran entre sí. Se realiza una interferencia con los haces de referencia cuando la longitud de recorrido óptico de los haces de medición coincide con la longitud de recorrido óptico de los haces de referencia. Para poder modificar la diferencia de trayectoria entre los haces de medición y los haces de referencia, la longitud de recorrido óptico de los haces de referencia y, por lo tanto, la diferencia de trayectoria entre los haces de medición y los haces de referencia puede ajustarse al estar dispuesto el elemento de referencia 75 de manera desplazable al eje de recorrido óptico de los haces de referencia con ayuda de medios de ajuste 150 que comprenden un accionador piezoeléctrico. Una modificación y adaptación dado el caso realizadas de la longitud de recorrido óptico para los haces de medición de la primera superficie de objeto 281 o de la segunda superficie de objeto 282 se consigue preferentemente por un desplazamiento relativo del cabezal de medición del interferómetro 100 y de la disposición óptica 200 en dirección del eje óptico M con ayuda de medios de ajuste. Una variante de realización alternativa prevé que el primer espejo 260, el segundo espejo 270 y/o el segundo divisor de haz 250 estén dispuestos de manera desplazable en dirección a sus ejes ópticos A, B, C relativamente al objeto de medición respectivamente con ayuda de medios de ajuste, dado el caso adicionalmente con un posible desplazamiento del cabezal de medición del interferómetro 100 con ayuda de medios de ajuste adecuados.

La distancia de la primera superficie de objeto 281 a la segunda superficie de objeto 282 corresponde al grosor del objeto. Antes de que se determine el grosor del objeto de un objeto de medición 280 por un proceso de medición, se calibra la disposición interferométrica 300 en una primera etapa con un bloque de calibración de grosor conocido. El bloque de calibración se posiciona en el portador 240 en lugar del objeto de medición 280. El cabezal de medición del interferómetro 100 se desplaza en la posición en la que el recorrido óptico desde la superficie 250a que divide el haz del divisor de haz 250 hasta la primera superficie de objeto 281 corresponde al recorrido óptico de la superficie 250a que divide el haz del segundo divisor 250 hasta el elemento de referencia 75. En esta posición, los haces de medición reflejados en la primera superficie de objeto 281 interfieren con los haces de referencia, de manera que se hace visible un primer patrón de interferencia correspondiente en el detector 90. El bloque de calibración está posicionado de manera que el recorrido óptico desde la superficie 250a que divide el haz del segundo divisor de haz 250 hasta la segunda superficie de objeto 282 es ligeramente más largo o más corto que la longitud de recorrido óptico de los haces de referencia. Por lo tanto, no se produce ninguna interferencia de los haces de medición reflejados en la segunda superficie de objeto 282 con los haces de referencia. Por consiguiente, tampoco es visible ningún segundo patrón de interferencia en el detector 90. Solo por el desplazamiento de un elemento constructivo de la disposición interferométrica 300, por ejemplo, del elemento de referencia 75 con ayuda de los medios de ajuste 150 en dirección del eje óptico S de la trayectoria de haz de referencia 70, se hace visible el segundo patrón de referencia debido a la modificación resultante de la diferencia de trayectoria entre los haces de medición y los haces de referencia en el detector 90. Simultáneamente, ya no es visible el primer patrón de referencia en el detector. El desplazamiento, por ejemplo, del elemento de referencia 75 entre el primer patrón de interferencia conformado por la primera superficie de objeto 281 y el segundo patrón de interferencia conformado por la segunda superficie de objeto 282 se mide, por ejemplo, con un transmisor de recorrido de alta precisión. El recorrido de desplazamiento determinado con ello del elemento de referencia 75 se almacena como constante de calibración. A continuación, el objeto de medición 280 se

mide de la misma manera y se determina la distancia del elemento de referencia 75 entre el primer patrón de interferencia conformado y el segundo patrón de interferencia. Se calcula entonces el grosor del objeto del grosor conocido del bloque de calibración, de las constantes de calibración determinadas anteriormente y de la distancia del elemento de referencia 75 determinada para el objeto de medición 280.

- 5 A continuación, se explica una posibilidad para ajustar la diferencia de trayectoria entre los haces de medición y los haces de referencia. A este respecto, se parte de la base de que la diferencia de trayectoria se consigue por el desplazamiento del elemento de referencia 75 con ayuda de medios de ajuste 150 comprenden un accionador piezoeléctrico. De manera adicional o alternativa, la longitud de recorrido de los haces de medición puede modificarse con medios de ajuste controlados adecuadamente.
- 10 Los medios de ajuste 150 están unidos a través de un cable de control 155 de manera que se conduce señal con medios de sincronización 160, que a su vez están unidos de manera que se conduce señal con el detector 90 conformado como cámara digital. La señal de detector, en este caso una señal de vídeo, se envía a los medios de sincronización 160 a través de un cable de señal 165. Los medios de sincronización 160 comprenden un conmutador de separación no representado en detalle, con cuya ayuda siempre se genera una señal de disparo cuando los medios de sincronización 160 detectan la presencia de un impulso de sincronización de fotograma en la señal de detector. La respectiva señal de disparo se usa por los medios de sincronización 160 para incrementar un contador digital, realizado como conmutador de contador, de los medios de sincronización 160 por un valor definido. El valor de contador respectivamente actual se conduce un convertidor digital/analógico asimismo tampoco mostrado de los medios de sincronización 160 que controla los medios de ajuste 150, que regula la diferencia de trayectoria a un valor
- 20 proporcional para la tensión de salida del convertidor digital/analógico. Dicho de otra manera, los medios de ajuste 150 ajustan una posición relativa proporcional a la tensión de salida del convertidor digital/analógico entre el elemento de referencia 75 y el detector 90. De esta manera, se consigue que a cada imagen generada por el detector 90 corresponda una posición relativa definida entre el elemento de referencia 75 y el detector 90 y, por lo tanto, una diferencia de trayectoria definida. El conmutador de contador de los medios de sincronización 160 está realizado
- 25 preferentemente en una FPGA, de manera que pueden llevarse a cabo modificaciones en el conmutador por la programación sencilla de una EEPROM. El movimiento de ajuste del divisor de haz 50 (elemento óptico) con ayuda de los medios de ajuste 150 puede realizarse en etapas regulares dependiendo de la frecuencia de imagen del detector. También puede realizarse un movimiento de ajuste continuo o un patrón de movimiento complejo por la integración de una tabla de consulta.

30

REIVINDICACIONES

- 5 1. Disposición interferométrica para medir un objeto de medición (280), con medios para generar una trayectoria del haz de medición (205) con haces de medición orientados al objeto de medición (280), con medios para generar una trayectoria del haz de referencia (70) con haces de referencia orientados a un elemento de referencia (75), con medios de ajuste (150) para ajustar una diferencia de trayectoria entre los haces de medición y los haces de referencia, y con un detector (90) para tomar imágenes de la superposición de los haces de medición reflejados por el objeto de medición (280) y los haces de referencia, estando previstos medios de sincronización (160) que controlan los medios de ajuste (150) de tal manera que la diferencia de trayectoria entre los haces de medición y los haces de referencia se ajusta de manera sincronizada a las imágenes tomadas por el detector (90),
- 10 **caracterizada por que**
los medios de sincronización (160) están conformados de manera que se genera una señal de disparo, especialmente mediante un conmutador de separación, a base de la señal de detector, especialmente un impulso integral de la señal de detector, preferentemente un impulso de sincronización de fotograma, y por que los medios de sincronización (160) comprenden un contador, cuyo valor de contador se modifica, preferentemente se aumenta, dependiendo de la señal de disparo, especialmente por un valor definido.
- 15 2. Disposición interferométrica según la reivindicación 1,
caracterizada por que
los medios de sincronización (160) controlan los medios de ajuste (150) de tal manera que una diferencia de trayectoria definida corresponde a cada imagen tomada por el detector (90).
- 20 3. Disposición interferométrica según una de las reivindicaciones 1 o 2,
caracterizada por que
los medios de ajuste (150) comprenden al menos un accionador piezoeléctrico.
- 25 4. Disposición interferométrica según una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizada por que
los medios de sincronización (160) están conformados y dispuestos de manera que se evalúa una señal del detector, especialmente una señal de vídeo, para detectar un impulso integral, preferentemente un impulso de sincronización de fotograma.
- 30 5. Disposición interferométrica según la reivindicación 1,
caracterizada por que
la diferencia de trayectoria que puede ajustarse mediante los medios de ajuste (150) es proporcional al valor de contador.
- 35 6. Disposición interferométrica según una de las reivindicaciones 1 o 5,
caracterizada por que
el valor de contador puede enviarse a un convertidor digital/analógico, y por que los medios de ajuste (150) están conformados de manera que se regula una diferencia de trayectoria proporcional a la tensión de salida del convertidor digital/analógico.
- 40 7. Disposición interferométrica según una de las reivindicaciones 1, 5 o 6,
caracterizada por que
el contador está realizado en un circuito integrado programable, especialmente en un FPGA.
- 45 8. Disposición interferométrica según una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizada por que
el detector comprende una cámara digital.
9. Disposición interferométrica según una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizada por que
está prevista una fuente de luz (10) común que emite luz de coherencia corta para generar los haces de medición y los haces de referencia.
- 50 10. Procedimiento para ajustar una diferencia de trayectoria entre haces de medición de una trayectoria de haz de medición (205) orientados a un objeto de medición (280) y haces de referencia de una trayectoria de haz de referencia (70) orientados a un elemento de referencia (75) en una disposición interferométrica (300) en la que mediante un detector (90) se toman imágenes de una superposición de los haces de medición reflejados por el objeto de medición (280) y de los haces de referencia, ajustándose la diferencia de trayectoria de manera sincronizada a las imágenes tomadas por el detector (90),
caracterizado por que
mediante medios de sincronización (160), especialmente mediante un conmutador de separación, se genera una

ES 2 608 500 T3

señal de disparo a base de la señal de detector, especialmente un impulso integral de la señal de detector, preferentemente un impulso de sincronización de fotograma, y por que los medios de sincronización (160) comprenden un contador, cuyo valor de contador se modifica, preferentemente se aumenta, dependiendo de la señal de disparo, especialmente por un valor definido.

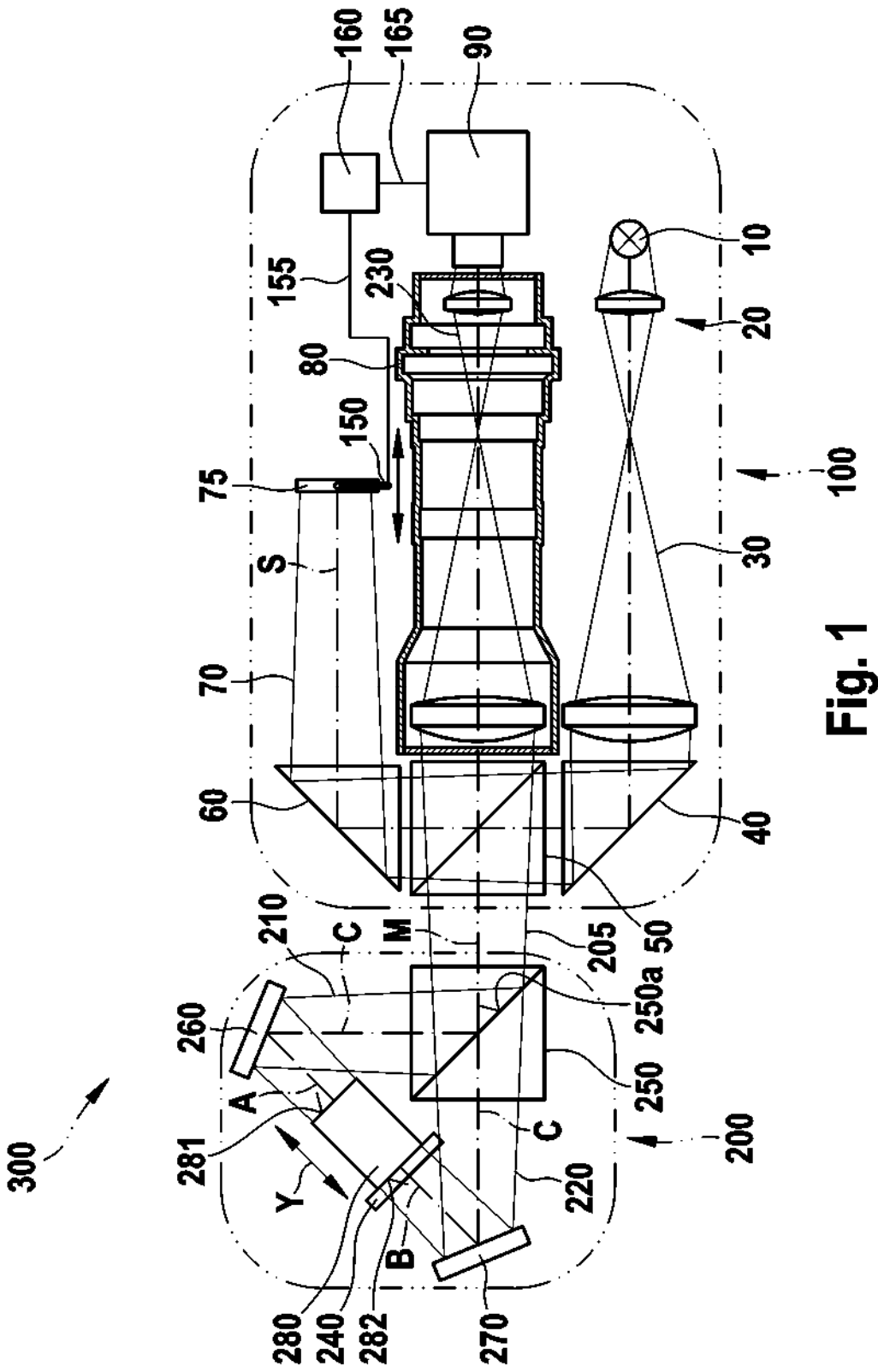


Fig. 1