

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 835**

51 Int. Cl.:

G01D 5/347 (2006.01)

G01D 5/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.01.2018 E 18151547 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 3355034**

54 Título: **Dispositivo de medición de posición**

30 Prioridad:

26.01.2017 DE 102017201257

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

23.04.2020

73 Titular/es:

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH (100.0%)
Dr.-Johannes-Heidenhain-Str. 5
83301 Traunreut, DE**

72 Inventor/es:

**HOLZAPFEL, WOLFGANG;
LINGK, CHRISTOPH y
TRAUTNER, JOHANNES**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 755 835 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

Dispositivo de medición de posición

5 CAMPO DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere a un dispositivo de medición de posición que es adecuado para determinar con alta precisión la posición relativa de dos objetos situados de forma móvil relativamente entre sí a lo largo de al menos una dirección de medición.

10 ESTADO DE LA TÉCNICA

Por la publicación de R. Pettigrew titulada "Analysis of Grating Imaging and its Application to Displacement Metrology" en SPIE Vol. 36, 1st European Congress on Optics applied to Metrology (1977), pp. 325 - 332, se conoce un dispositivo de medición de posición basado en un principio de exploración óptica de 3 rejillas. Con ayuda de un dispositivo de medición de posición de este tipo se pueden generar señales incrementales desfasadas correspondientes al movimiento relativo de dos objetos que se pueden mover relativamente entre sí a lo largo de al menos una dirección de medición. En este contexto, uno de los dos objetos está conectado con una medida materializada que se extiende a lo largo de la dirección de medición y que comprende al menos una rejilla de escala. La rejilla de escala consiste en caso de transmisión de luz en áreas de rejilla de escala con transparencias ópticas diferentes dispuestas periódicamente con una primera periodicidad d_1 a lo largo de la dirección de medición. Una unidad de exploración, que comprende los componentes del dispositivo de medición de posición del lado de exploración, está conectada con el otro objeto. Dichos componentes incluyen al menos una fuente de luz, una rejilla de exploración y una disposición de detector. La rejilla de exploración consiste en áreas de rejilla de exploración con propiedades ópticas diferentes dispuestas periódicamente con la periodicidad d_2 a lo largo de la dirección de medición. La disposición de detector comprende múltiples áreas de detector sensibles a la radiación que están dispuestas periódicamente con una tercera periodicidad d_3 a lo largo de la dirección de medición en un plano de detección. Los haces de rayos emitidos por la fuente de luz primero inciden en la rejilla de escala y a continuación recorren la rejilla de exploración. La interacción de los haces de rayos con la rejilla de escala y la rejilla de exploración tiene como resultado un patrón de franjas periódico con la tercera periodicidad d_3 en el plano de detección de la disposición de detector. Después, a partir de la exploración del mismo con ayuda de la disposición de detector o de las áreas de detector dispuestas periódicamente se pueden generar múltiples señales incrementales desfasadas.

Los dispositivos de medición de posición de este tipo se utilizan por ejemplo en aplicaciones en las que en una máquina se ha de registrar con alta precisión la posición de una parte de máquina que se puede mover con respecto a una parte de máquina estacionaria para, a través de un control de máquina, realizar un posicionamiento relativo exacto de estas partes de máquina. Si estas máquinas consisten por ejemplo en máquinas herramienta, para el dispositivo óptico de medición de posición resultan unas condiciones de uso que en caso dado pueden influir negativamente en la funcionalidad del mismo. Es posible que se deposite suciedad, como lubricantes refrigerantes o neblina de aceite, sobre componentes ópticos del dispositivo de medición de posición, por ejemplo sobre la rejilla de exploración. En un caso extremo, esto puede conducir a una avería del dispositivo de medición de posición.

En el documento DE 32 10 614 C2, para proteger la rejilla de exploración en una configuración de exploración comparable de un dispositivo óptico de medición de posición, está previsto disponer orientado en sentido opuesto a la medida materializada aquel lado del elemento de soporte sobre el que está dispuesta la rejilla de exploración. Además, la rejilla de exploración está cubierta con un elemento protector transparente. Dado que en este dispositivo de medición de posición la medida materializada constituye la segunda rejilla sobre la que inciden los rayos, el ensuciamiento de la capa protectora de la medida materializada y el ensuciamiento en el espacio intermedio entre la medida materializada y la tercera rejilla también pueden conducir a deterioros de las señales especialmente desventajosos.

El documento EP 0 350 586 A2 describe un dispositivo de medición de posición similar.

COMPENDIO DE LA INVENCION

La presente invención tiene por objetivo crear un dispositivo de medición de posición basado en un principio de exploración óptica de 3 rejillas, en el que esté asegurada una protección lo más fiable posible de la rejilla de exploración frente a un eventual ensuciamiento y al mismo tiempo esté garantizada una buena calidad de las señales generadas.

Este objetivo se resuelve según la invención mediante un dispositivo de medición de posición con las características indicadas en la reivindicación 1.

Otras realizaciones ventajosas del dispositivo de medición de posición según la invención se desprenden de las medidas detalladas en las reivindicaciones subordinadas.

El dispositivo de medición de posición para determinar la posición de un primer objeto con respecto a un segundo objeto, que se puede mover en relación con éste, a lo largo de al menos una dirección de medición comprende una medida materializada, que se extiende a lo largo de la dirección de medición y que está conectada con el primer objeto, y una unidad de exploración, que está conectada con el segundo objeto. En la medida materializada está prevista al menos una rejilla de escala periódica, que está configurada como rejilla de transmisión y que presenta una primera periodicidad d_1 . La unidad de exploración presenta al menos una fuente de luz, al menos una rejilla de exploración periódica con una segunda periodicidad d_2 , y una disposición de detector que consiste en áreas de detector en un plano de detección que son sensibles a la radiación y que están dispuestas periódicamente con una tercera periodicidad d_3 a lo largo de la dirección de medición. Los haces de rayos emitidos por la fuente de luz primero inciden en la rejilla de escala y después recorren la rejilla de exploración, la interacción de los haces de rayos con la rejilla de escala y la rejilla de exploración tiene como resultado un patrón de franjas periódico en el plano de detección con la tercera periodicidad d_3 , y la exploración del mismo mediante la disposición de detector permite generar múltiples señales incrementales desfasadas entre sí. La rejilla de exploración está dispuesta entre al menos un primer y un segundo elementos de soporte transparentes en forma de placa, y el espacio entre la rejilla de exploración y las áreas de detector está relleno por completo con un material que presenta un índice de refracción $n > 1,3$. La distancia entre la rejilla de escala y la superficie límite adyacente del primer elemento de soporte se elige dentro del intervalo entre $10 \mu\text{m}$ y $200 \mu\text{m}$.

Resulta especialmente ventajoso elegir la distancia entre la rejilla de escala y la superficie límite adyacente del primer elemento de soporte dentro del intervalo entre $20 \mu\text{m}$ y $50 \mu\text{m}$.

Los elementos de soporte en forma de placa pueden estar hechos de vidrio.

Alternativamente también se puede prever que el primer elemento de soporte en forma de placa esté hecho de vidrio y el segundo elemento de soporte en forma de placa esté hecho de plástico transparente.

También es ventajoso que los elementos de soporte en forma de placa presenten un espesor de al menos $0,1 \text{ mm}$.

Asimismo resulta favorable que los elementos de soporte en forma de placa presenten un espesor máximo de 5 mm .

En una forma de realización posible, la rejilla de exploración puede estar dispuesta sobre una de las dos superficies límite enfrentadas entre sí de los dos elementos de transporte.

En este contexto, la rejilla de exploración puede estar configurada como rejilla de amplitudes y presentar áreas de rejilla de exploración con transparencias ópticas diferentes.

Alternativamente, la rejilla de exploración también puede estar configurada como rejilla de fases y presentar áreas de rejilla de exploración con desviaciones de fase ópticas diferentes.

También es posible que para la primera periodicidad de la rejilla de escala y la tercera periodicidad del patrón de franjas resultante en el plano de detección sean aplicables las siguientes relaciones

$$d_1 = d_2 \cdot ((u_1 + u_2/n_{u2}) + v/n_v) / (v/n_v)$$

$$d_3 = d_2 \cdot ((u_1 + u_2/n_{u2}) + v/n_v) / (u_1 + u_2/n_{u2})$$

con

d_1 := primera periodicidad de la rejilla de escala

d_2 := segunda periodicidad efectiva de la rejilla de exploración

d_3 := tercera periodicidad del patrón de franjas resultante en el plano de detección

u_1 := distancia entre la rejilla de escala y la superficie límite adyacente del primer elemento de soporte

u_2 := espesor del primer elemento de soporte, situado entre la rejilla de escala y la rejilla de exploración

v := espesor del segundo elemento de soporte, situado entre la rejilla de exploración y el plano de detección

n_{u2} := índice de refracción del primer elemento de soporte

n_v := índice de refracción del segundo elemento de soporte

A través de las medidas según la invención se garantiza ahora una protección fiable contra al ensuciamiento de la rejilla de exploración en el dispositivo de medición de posición. En este contexto, por una parte la superficie de la rejilla de exploración está protegida contra un ensuciamiento por líquidos; por otra parte el espacio intermedio entre la rejilla de exploración y el plano de detección también se puede proteger de forma fiable contra ensuciamientos de este tipo. De este modo se reduce claramente la sensibilidad de la exploración óptica frente a posibles ensuciamientos de la rejilla de exploración. De ello resulta una mayor disponibilidad del dispositivo óptico de medición de posición también bajo condiciones desfavorables.

Las medidas según la invención posibilitan además que se pueda realizar una distancia muy pequeña entre las superficies límite enfrentadas entre sí de la medida materializada y la unidad de exploración. Las gotas de líquido que eventualmente se encuentren sobre la superficie de la medida materializada se pueden aplastar gracias a dicha distancia pequeña y ya no influyen negativamente en la exploración óptica ni en la generación de señales.

Otros detalles y ventajas de la presente invención se explican por medio de la siguiente descripción de ejemplos de realización del dispositivo según la invención en relación con las figuras.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Se muestran

La figura 1, una vista en sección esquemática de un ejemplo de realización del dispositivo de medición de posición según la invención;
 la figura 2a, una vista superior de la medida materializada del ejemplo de realización de la figura 2;
 la figura 2b, una vista superior de la placa de exploración del ejemplo de realización de la figura 2;
 la figura 2c, una vista superior del dispositivo detector del ejemplo de realización de la figura 2;
 la figura 3, una representación esquemática de la trayectoria de los rayos en el dispositivo de medición de posición según la invención, incluyendo diferentes parámetros de sistema;
 la figura 4, una vista parcial ampliada de la unidad de exploración del ejemplo de realización de la figura 1;
 las figuras 5a, 5b, respectivamente vistas parciales de la unidad de exploración en diferentes variantes del dispositivo de medición de posición según la invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN

A continuación se explica un ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de posición según la invención por medio de las figuras 1, 2a - 2c y 3. En este contexto, la figura 1 muestra una vista lateral esquemática, las figuras 2a - 2c muestran vistas superiores de la medida materializada, la placa de exploración y el dispositivo detector, la figura 3 muestra una representación de la trayectoria fundamental de los rayos para la generación de señales, incluyendo diversos parámetros de sistema, y la figura 4 muestra una vista parcial ampliada de la unidad de exploración.

El dispositivo óptico de medición de posición representado en estas figuras comprende por una parte una medida materializada 10 que se extiende a lo largo de una dirección de medición x y presenta una rejilla de escala 13 periódica con una primera periodicidad d_1 . Por otra parte está prevista una unidad de exploración 20 que se puede mover en relación con la medida materializada 10 a lo largo de la dirección de medición x. La unidad de exploración 20 presenta al menos una fuente de luz 21, una rejilla de exploración 24 periódica con una segunda periodicidad d_2 , y una disposición de detector 26. En el presente ejemplo de realización, la dirección de medición x está orientada de forma lineal, es decir, la medida materializada 10 y la unidad de exploración 20 se pueden mover linealmente entre sí. La disposición de detector 26 consiste en áreas 26.1 - 26.n de detector sensibles a la radiación que están dispuestas periódicamente con una tercera periodicidad d_3 a lo largo de la dirección de medición x en un plano de detección. En el presente ejemplo de realización, delante de la fuente de luz 21 está dispuesta además una óptica de colimación 22, a través de la cual la radiación emitida por la fuente de luz 21 se colima antes de que la misma incida sobre la rejilla de escala; no obstante, para la presente invención no es forzosamente necesaria una óptica de colimación de este tipo.

Normalmente, la medida materializada 10 y la unidad de exploración 20 del dispositivo óptico de medición de posición según la invención están unidas a objetos en forma de componentes de máquina que se pueden mover relativamente entre sí a lo largo de la dirección de medición x. A partir de las señales incrementales desfasadas generadas con ayuda del dispositivo de medición de posición según la invención, en una unidad de control de máquina - no representada - se puede determinar la posición relativa de la unidad de exploración 20 a lo largo de la dirección de medición x con respecto a la medida materializada 10 y, en consecuencia, la posición relativa de los objetos desplazables entre sí, y utilizar la misma para el control de los componentes de máquina móviles.

En el ejemplo de realización representado, el dispositivo óptico de medición de posición según la invención está configurado como sistema de transmisión de luz. Una rejilla de transmisión que está dispuesta sobre un soporte 11 de medida materializada, por ejemplo una lámina de vidrio, actúa como rejilla de escala 13 periódica, de la cual se muestra una vista superior parcial en la figura 2a. La rejilla de escala 13 presenta áreas 13a, 13b de rejilla de escala con propiedades de transmisión diferentes, dispuestas alternativamente con la primera periodicidad d_1 a lo largo de la dirección de medición x, es decir, la rejilla de escala 13 está configurada como rejilla de amplitudes. En el presente caso, las áreas 13b de rejilla de escala representadas en negro en la figura 2a son opacas y las áreas 13a de rejilla de escala representadas en claro son transparentes.

Para generar las señales incrementales dependientes del desplazamiento, en el dispositivo óptico de medición de posición según la invención se utiliza un principio de exploración de tres rejillas, tal como se conoce por la publicación de R. Pettigrew mencionada en la introducción, titulada "Analysis of Grating Imaging and its Application

to Displacement Metrology" en SPIE Vol. 36, 1st European Congress on Optics applied to Metrology (1977), pp. 325 - 33, y cuya trayectoria fundamental de los rayos de exploración está bosquejada en la figura 3. En este contexto, la rejilla de escala 13 periódica constituye la primera rejilla en la trayectoria de los rayos de exploración que es iluminada por el haz de rayos emitido por la fuente de luz 21. La rejilla de escala 13 presenta la primera periodicidad d_1 que, tal como se ilustra en la figura 2a, indica la suma de las anchuras de áreas 13a, 13b transparentes y opacas dispuestas de forma sucesiva en la dirección de medición x. La rejilla de exploración 24 en la unidad de exploración 20, que en la estructura conocida de acuerdo con la publicación arriba mencionada está dispuesta separada de la rejilla de escala 13 por la distancia normal u en la dirección de difusión de los rayos, actúa como segunda rejilla sobre la que inciden los rayos en la trayectoria de los rayos de exploración. La rejilla de exploración 24, configurada en este caso como rejilla de amplitudes, presenta la segunda periodicidad d_2 , que según la figura 2b indica la suma de las anchuras de áreas 24a, 24b transparentes y opacas dispuestas de forma sucesiva en la rejilla de exploración 24 en la dirección de medición x. Por último, la disposición de detector 26, que está configurada como detector estructurado y consiste en múltiples áreas 26.1 - 26.n de detector rectangulares sensibles a la radiación en el plano de detección, tal como se ilustra en la figura 2c, constituye la tercera y última rejilla en la trayectoria de los rayos de exploración. Las n áreas 26.1 - 26.n de detector están dispuestas periódicamente con la tercera periodicidad d_3 en el plano de detección a lo largo de la dirección de medición x; en el presente ejemplo de realización, la periodicidad d_3 corresponde a la anchura de 4 áreas 26.1 - 26.n de detector dispuestas de forma sucesiva a lo largo de la dirección de medición x; por lo tanto, con ayuda de la disposición de detector 26 tiene lugar la generación de cuatro señales incrementales desfasadas entre sí 90° en cada caso. Tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 3, en la estructura conocida según la publicación arriba mencionada, el plano de detección de la disposición de detector 26 está dispuesto separado de la rejilla de exploración 24 por la distancia normal v en la dirección de difusión de los rayos.

Con esta exploración, a partir de la interacción de los haces de rayos emitidos por la fuente de luz 21 con la rejilla de escala 13 y la rejilla de exploración 24, en el plano de detección o sobre la disposición de detector 26 resulta un patrón de franjas periódico, presentando el patrón de franjas la periodicidad d_3 . Por la publicación arriba mencionada se conocen las relaciones indicadas en las siguientes ecuaciones 1) y 2) entre la periodicidad d_3 del patrón de franjas o la periodicidad de la rejilla de escala 13 y otros parámetros de sistema geométricos en dispositivos de medición de posición basados en este principio de exploración; estas relaciones son aplicables para el caso de una rejilla de exploración 14 utilizada en forma de una rejilla de amplitudes o de una rejilla de fases con una desviación de fase de aproximadamente 90° :

$$d_3 = d_2 \cdot \frac{u+v}{u} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$d_1 = d_2 \cdot \frac{u+v}{v} \quad (\text{Ec. 2})$$

con:

- d_1 := periodicidad de la rejilla de escala sobre la medida materializada
- d_2 := período efectivo de la rejilla de exploración
- d_3 := periodicidad del patrón de franjas en el plano de detección de la disposición de detector
- v := distancia normal entre la rejilla de exploración y el plano de detección
- u := distancia normal entre la rejilla de escala y la rejilla de exploración

Si se utiliza una rejilla de exploración 14 en forma de una rejilla de fases con una desviación de fase de 180° , en estas ecuaciones la periodicidad d_2 representa el período de división efectivo determinado por $d_2 = 2 \cdot d_{2P}$, indicando d_{2P} la periodicidad real de la rejilla de fases.

En caso de un movimiento relativo de la medida materializada 10 y la unidad de exploración 20, y en consecuencia un movimiento relativo de la rejilla de escala 13 con respecto a la rejilla de exploración 14 y la disposición de detector 26, el patrón de franjas generado en el plano de detección se desplaza a lo largo de la dirección de medición x sobre la disposición de detector 26. De este modo, con ayuda de las múltiples áreas 26.1 - 26.n de detector de la disposición de detector 26 se pueden generar de forma conocida múltiples señales incrementales sinusoidales desfasadas entre sí, por ejemplo tres señales incrementales desfasadas entre sí 120° , o cuatro señales incrementales desfasadas entre sí 90° , que después pueden seguir siendo procesadas por ejemplo por el control de máquina.

La estructura conocida por la publicación arriba mencionada se modifica en el dispositivo de medición de posición según la invención, en particular para evitar un ensuciamiento de la rejilla de exploración 24 y, en consecuencia, un deterioro de la calidad de señal. Para ello, tal como se puede ver en la figura 1, la rejilla de exploración 24 está dispuesta entre un primer y un segundo elementos de soporte 25.1, 25.2 transparentes en forma de placa. En este contexto, como elementos de soporte 25.1, 25.2 se pueden utilizar por ejemplo placas de vidrio con un espesor adecuado y un índice de refracción n adecuado. Preferiblemente, el espesor de los elementos de soporte 25.1, 25.2

en forma de placa se elige dentro del intervalo entre 0,1 mm y 5 mm. Además está previsto que el espacio entre la rejilla de exploración 24 y las áreas 26.1 - 26.n de detector esté relleno por completo con un material que presenta un índice de refracción $n > 1,3$. En el presente ejemplo de realización, tal como se muestra en la figura 1, este espacio está relleno con el segundo elemento de soporte 25.2.

En la figura 4 se muestra una vista parcial ampliada de la unidad de exploración 20 de la figura 1, en la que además están incluidas magnitudes geométricas importantes del dispositivo de medición de posición según la invención, que se abordarán más adelante. En la figura 4 se puede ver que, debido a la estructura modificada de la unidad de exploración 20, en las ecuaciones 1) y 2) arriba mencionadas la distancia normal u entre la rejilla de escala 13 y la rejilla de exploración 24 ha de ser sustituida por la expresión $u_1 + u_2/n_{u2}$ y la distancia normal v entre la rejilla de exploración 24 y el plano de detección ha de ser sustituida por la expresión v/n_v . En este contexto, n_{u2} y n_v representan los índices de refracción de los dos elementos de soporte 25.1, 25.2, respectivamente, que ahora han de ser tenidos en cuenta. De ello resultan las relaciones 1.1) y 2.1), modificadas con respecto a las ecuaciones 1) y 2) arriba mencionadas, para la primera periodicidad d_1 de la rejilla de escala y la tercera periodicidad d_3 del patrón de franjas resultante en el plano de detección, respectivamente:

$$d_1 = d_2 \cdot ((u_1 + u_2/n_{u2}) + v/n_v) / (v/n_v) \quad (\text{Ec. 1.1})$$

$$d_3 = d_2 \cdot ((u_1 + u_2/n_{u2}) + v/n_v) / (u_1 + u_2/n_{u2}) \quad (\text{Ec. 2.1})$$

con

- d_1 := primera periodicidad de la rejilla de escala
- d_2 := segunda periodicidad efectiva de la rejilla de exploración
- d_3 := tercera periodicidad del patrón de franjas resultante en el plano de detección
- u_1 := distancia entre la rejilla de escala y la superficie límite adyacente del primer elemento de soporte
- u_2 := espesor del primer elemento de soporte, situado entre la rejilla de escala y la rejilla de exploración
- v := espesor del segundo elemento de soporte, situado entre la rejilla de exploración y el plano de detección
- n_{u2} := índice de refracción del primer elemento de soporte
- n_v := índice de refracción del segundo elemento de soporte

A través de una disposición de este tipo de la rejilla de exploración 24 sobre una de las dos superficies límite G2, G3 enfrentadas entre sí de los elementos de soporte 25.1, 25.2, ésta está protegida de forma fiable contra eventuales ensuciamientos, ya que por ejemplo no pueden llegar líquidos a la rejilla de exploración 24.

De este modo se pueden evitar deterioros no deseados de la calidad de las señales incrementales generadas ocasionados por ensuciamiento.

Por otra parte, mediante el relleno completo del espacio entre la rejilla de exploración 24 y la disposición de detector 26 con el segundo elemento de soporte 25.2 se asegura que esta área tampoco se puede ensuciar con líquidos y de este modo se evita que la exploración resulte afectada. Además, a través del espesor del segundo elemento de soporte 25.2 se puede ajustar de forma muy precisa y reproducible la distancia v necesaria entre la rejilla de exploración 24 y el plano de detección.

En este contexto, la rejilla de exploración 24 se puede colocar o disponer sobre el primer elemento de soporte 25.1, que es el primero en ser recorrido en la dirección de difusión de los rayos, o sobre el segundo elemento de soporte 25.2, en concreto sobre una de las dos superficies límite G2 o G3 enfrentadas entre sí de los elementos de soporte 25.1, 25.2. A continuación, el otro elemento de soporte 25.2 o 25.1 respectivo se pega al elemento de soporte 25.1, 25.2 sobre el que está dispuesta la rejilla de exploración 24. Acto seguido, la pila correspondiente formada por los dos elementos de soporte 25.1, 25.2 pegados y la rejilla de exploración 24 situada en el interior con el espesor resultante $v + u_2$ se puede pegar sobre la disposición de detector 26. La unidad obtenida, formada por la disposición de detector 26 y la pila de elementos de soporte con rejilla de exploración 24, se puede montar a la distancia u_1 deseada con respecto a la rejilla de escala 13.

En este caso, en las ecuaciones 1.1) y 2.1) evidentemente también habría que tener en cuenta respectivamente el espesor y el índice de refracción de la capa de adhesivo entre los elementos de soporte 25.1, 25.2 o entre las superficies límite G2 y G3, así como de la capa de adhesivo entre el elemento de soporte 25.2 y la disposición de detector 26 o entre la superficie límite G4 y la disposición de detector 26.

Además, en el dispositivo de medición de posición según la invención resulta ventajoso elegir la distancia u_1 entre la rejilla de escala 13 y la superficie límite G1 adyacente del elemento de soporte 25.1, sobre el que incide en primer lugar la trayectoria de los rayos, dentro del intervalo entre 10 μm y 200 μm , en particular dentro del intervalo entre 20 μm y 50 μm . Una distancia u_1 pequeña elegida de este modo tiene como consecuencia que las gotitas de líquido que eventualmente se encuentren sobre la superficie de la medida materializada 10 son aplastadas y de este modo ya

no pueden influir negativamente en la exploración óptica. La elección de una distancia u_1 tan pequeña para un principio de exploración de este tipo en caso de $u_2 = 0$ utilizando las relaciones 1) y 2) de la publicación correspondiente arriba mencionada solo sería posible a costa de una calidad de señal reducida si no estuviera prevista la disposición según la invención de la rejilla de exploración 24 entre los al menos dos elementos de soporte 25.1, 25.2 con $u_2 > 0$.

En un ejemplo de realización concreto del dispositivo de medición de posición según la invención, los diferentes parámetros de sistema geométricos se eligen de la siguiente manera:

$d_1 = 20 \mu\text{m}$
 $d_2 = 16 \mu\text{m}$
 $d_3 = 80 \mu\text{m}$
 $\lambda = 850 \text{ nm}$ (longitud de onda de la fuente de luz utilizada)
 $u_1 = 0,033 \text{ mm}$
 $u_2 = 0,514 \text{ mm}$; $n_{u2} = 1,5$
 $v = 2,256 \text{ mm}$; $n_v = 1,5$

Por último, por medio de las figuras 5a y 5b se explican variantes del dispositivo de medición de posición según la invención, mostrando las figuras en cada caso vistas detalladas de dos elementos de soporte pegados entre sí, entre los que están dispuestas rejillas de exploración con configuraciones diferentes.

En la figura 5a se muestra de nuevo la estructura en principio idéntica al ejemplo de realización anterior, en la que entre las dos placas de vidrio que sirven como elementos de soporte 125.1, 125.2 está dispuesta la rejilla de exploración 124 configurada como rejilla de amplitudes; ésta consiste en áreas 124.a, 124.b de rejilla de exploración con transparencias ópticas diferentes dispuestas alternativamente a lo largo de la dirección de medición x. Con el símbolo de referencia 124.a se designan las áreas de rejilla de exploración transparentes; con el símbolo de referencia 124.b se designan las áreas de rejilla de exploración opacas, que están configuradas por ejemplo como una capa delgada de cromo. La periodicidad d_2 de la rejilla de exploración 124 corresponde de nuevo a la suma de las anchuras de las dos áreas 124.a, 124.b de rejilla de exploración con propiedades de transmisión diferentes a lo largo de la dirección de medición x. Tal como se puede ver también en la figura 5a, la rejilla de exploración 124 está dispuesta en este caso sobre la superficie límite G3 del segundo elemento de soporte 125.2, que está orientada hacia el primer elemento de soporte 125.1. Además, en esta figura también se puede ver la capa de adhesivo 129 con el espesor d_k entre los dos elementos de soporte 125.1, 125.2, por medio de la cual se unen entre sí los dos elementos de soporte 125.1, 125.2.

La figura 5b muestra una variante de nuevo modificada con respecto a la anterior para una estructura posible del dispositivo de medición de posición según la invención. La rejilla de exploración 224 entre los dos elementos de soporte 225.1, 225.2 está configurada en este caso como rejilla de fases y consiste en áreas 224.a, 224.b de rejilla de exploración con desviaciones de fase ópticas diferentes, y por consiguiente con efectos de desfase diferentes, dispuestas alternativamente a lo largo de la dirección de medición x. Para ello, en las áreas 224.b de rejilla de exploración, sobre la superficie límite G3 del segundo elemento de soporte 225.2 están dispuestos resaltes de fase con la altura de resalte t de un material preferiblemente con alto índice de refracción, como por ejemplo Ta_2O_5 , las áreas 224.a de rejilla de exploración se configuran mediante huecos correspondientes sin resaltes de fase. Los dos elementos de soporte 225.1, 225.2 están unidos entre sí a través de una capa de adhesivo 229 con el espesor d_k . En este contexto, el espesor d_k elegido de la capa de adhesivo 229 ha de ser mayor que la altura de resalte t de los resaltes de fase o áreas 224.b de rejilla de exploración. Además, para la elección del material del resalte de fase es esencial que éste presente un índice de refracción que a ser posible sea claramente mayor que el índice de refracción de la capa de adhesivo 229 entre los dos elementos de soporte 225.1, 225.2. Evidentemente, al elegir la altura de resalte de los resaltes de fase se ha de tener en cuenta el índice de refracción de la capa de adhesivo 229 para lograr la desviación de fase óptica deseada de la rejilla de exploración. La periodicidad d_2 de la rejilla de exploración 224 corresponde de nuevo a la suma de las anchuras de dos áreas 224.a, 224.b de rejilla de exploración con efectos de desfase diferentes a lo largo de la dirección de medición x. La disposición según la invención de una rejilla de exploración 224 configurada como rejilla de fases entre los dos elementos de soporte 225.1, 225.2 resulta especialmente ventajosa; de este modo se puede asegurar además que no se acumula ningún líquido en las áreas 224.a de rejilla de exploración sin resaltes de fase, que de forma no deseada pudiera influir negativamente en el efecto óptico de la rejilla de exploración 224.

Además de los ejemplos de realización descritos en concreto, en el marco de la presente invención evidentemente existen otras posibilidades de configuración.

Por ejemplo, en lugar de vidrio, como material para los elementos de soporte también se pueden utilizar plásticos transparentes adecuados o vitrocerámicas con un índice de refracción apropiado. En este contexto también sería posible una combinación de un primer elemento de soporte de vidrio, orientado hacia la medida materializada, y un segundo elemento de soporte de plástico. El primer elemento de soporte de vidrio garantiza una buena protección contra un eventual rayado por virutas de metal y/o contra ataques químicos por lubricantes refrigerantes. El segundo

elemento de soporte de plástico se puede producir de forma muy económica y está situado protegido entre el primer elemento de soporte de vidrio y la disposición de detector. Los bordes exteriores del segundo elemento de soporte de plástico se pueden proteger adicionalmente contra ataques químicos mediante masas de relleno adecuadas.

5 Además, en caso necesario también se pueden prever estructuras con más de solo dos elementos de soporte apilados.

10 Por otra parte, evidentemente no solo es posible configurar según la invención dispositivos de medición de posición para registrar movimientos relativos lineales; en caso de dispositivos de medición de posición rotativos también se pueden prever unidades de exploración configuradas correspondientemente, etc.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de medición de posición para determinar la posición de un primer objeto con respecto a un segundo objeto, que se puede mover en relación con éste, a lo largo de al menos una dirección de medición (x) con
- 10 - una medida materializada (10), que se extiende a lo largo de la dirección de medición (x), que está conectada con el primer objeto y que comprende al menos una rejilla de escala (13) periódica que está configurada como rejilla de transmisión y presenta una primera periodicidad (d₁), y
- 15 - una unidad de exploración (20), que está conectada con el segundo objeto, con
- al menos una fuente de luz (21),
- al menos una rejilla de exploración (24; 124; 224) periódica que presenta una segunda periodicidad (d₂), y
- 20 - una disposición de detector (26) que consiste en áreas (26.1 - 26.n) de detector sensibles a la radiación dispuestas periódicamente con una tercera periodicidad (d₃) a lo largo de la dirección de medición (x) en un plano de detección, y
- en donde los haces de rayos emitidos por la fuente de luz (21) primero inciden en la rejilla de escala (13), después recorren la rejilla de exploración (24; 124; 224) y la interacción de los haces de rayos con la rejilla de escala (13) y la rejilla de exploración (24; 124; 224) tiene como resultado un patrón de franjas periódico con la tercera periodicidad (d₃) en el plano de detección, y a partir de la exploración del mismo mediante la disposición de detector (26) se pueden generar múltiples señales incrementales desfasadas entre sí, y
- 25 - en donde la rejilla de exploración (24; 124; 224) está dispuesta entre al menos un primer y un segundo elementos de soporte (25.1, 25.2; 125.1, 125.2; 225.1, 225.2) transparentes en forma de placa, y el espacio entre la rejilla de exploración (24; 124; 224) y las áreas (26.1 - 26.n) de detector está relleno por completo con un material que presenta un índice de refracción $n > 1,3$, y
- en donde la distancia (u₁) entre la rejilla de escala (13) y la superficie límite (G1) adyacente del primer elemento de soporte (25.1) se elige dentro del intervalo entre 10 µm y 200 µm.
- 30 2. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, en donde la distancia (u₁) entre la rejilla de escala (13) y la superficie límite (G1) adyacente del primer elemento de soporte (25.1) se selecciona dentro del intervalo entre 20 µm y 50 µm.
- 35 3. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, en donde los elementos de soporte (25.1, 25.2; 125.1, 125.2; 225.1, 225.2) en forma de placa están hechos de vidrio.
- 40 4. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, en donde el primer elemento de soporte en forma de placa está hecho de vidrio y el segundo elemento de soporte en forma de placa está hecho de plástico transparente.
5. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, en donde los elementos de soporte (25.1, 25.2; 125.1, 125.2; 225.1, 225.2) en forma de placa presentan un espesor de al menos 0,1 mm.
- 45 6. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, en donde los elementos de soporte (25.1, 25.2; 125.1, 125.2; 225.1, 225.2) en forma de placa presentan un espesor máximo de 5 mm.
- 50 7. Dispositivo de medición de posición según al menos una de las reivindicaciones precedentes, en donde la rejilla de exploración (24; 124; 224) está dispuesta sobre una de las dos superficies límite (G2, G3) enfrentadas entre sí de los dos elementos de transporte (25.1, 25.2; 125.1, 125.2; 225.1, 225.2).
8. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 7, en donde la rejilla de exploración (24; 124) está configurada como rejilla de amplitudes y presenta áreas (24a, 24b; 124.a, 124.b) de rejilla de exploración con transparencias ópticas diferentes.
- 55 9. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 7, en donde la rejilla de exploración (224) está configurada como rejilla de fases y presenta áreas (224.a, 224.8) de rejilla de exploración con desviaciones de fase ópticas diferentes.
- 60 10. Dispositivo de medición de posición según al menos una de las reivindicaciones precedentes, en donde para la primera periodicidad (d₁) de la rejilla de escala (13) y la tercera periodicidad (d₃) del patrón de franjas resultante en el plano de detección son aplicables las siguientes relaciones

65
$$d_1 = d_2 \cdot ((u_1 + u_2/n_{u2}) + v/n_v) / (v/n_v)$$

$$d_3 = d_2 \cdot ((u_1 + u_2/n_{u2}) + v/n_v) / (u_1 + u_2/n_{u2})$$

con

- 5 d_1 := primera periodicidad de la rejilla de escala
 d_2 := segunda periodicidad efectiva de la rejilla de exploración
 d_3 := tercera periodicidad del patrón de franjas resultante en el plano de detección
- 10 u_1 := distancia entre la rejilla de escala y la superficie límite adyacente del primer elemento de soporte
 u_2 := espesor del primer elemento de soporte, situado entre la rejilla de escala y la rejilla de exploración
 v := espesor del segundo elemento de soporte, situado entre la rejilla de exploración y el plano de detección
 n_{u2} := índice de refracción del primer elemento de soporte
 n_v := índice de refracción del segundo elemento de soporte.

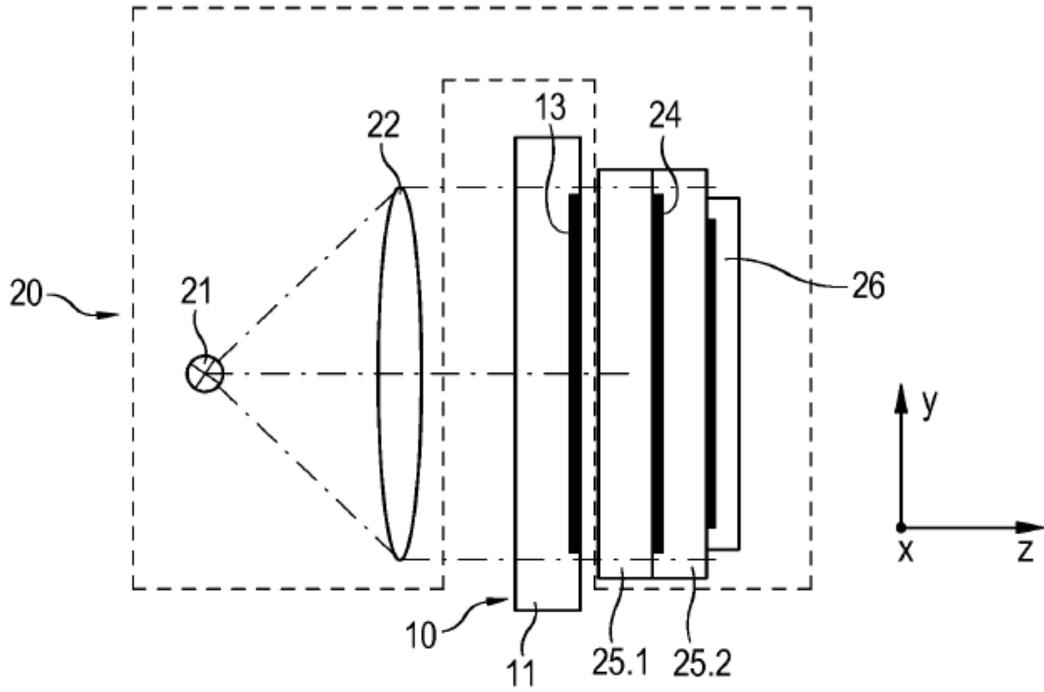
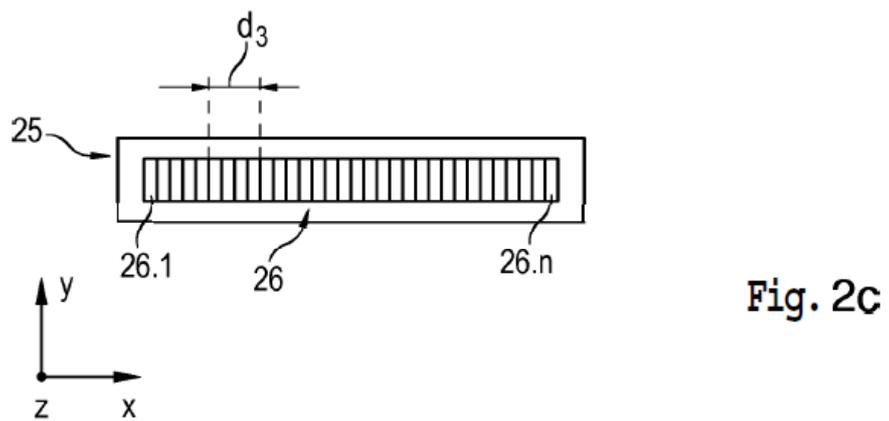
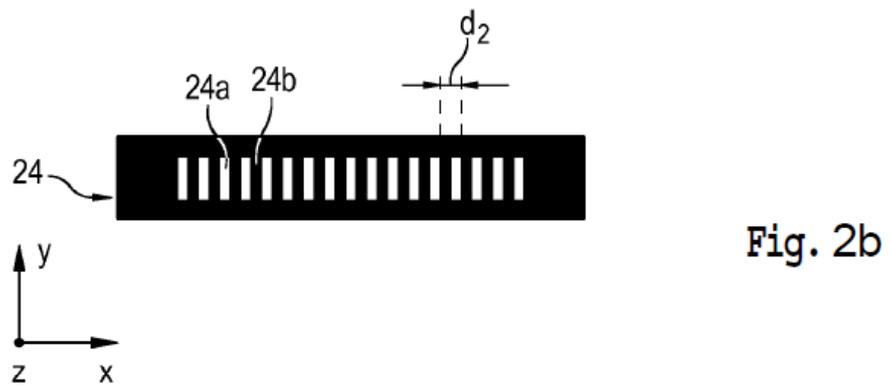
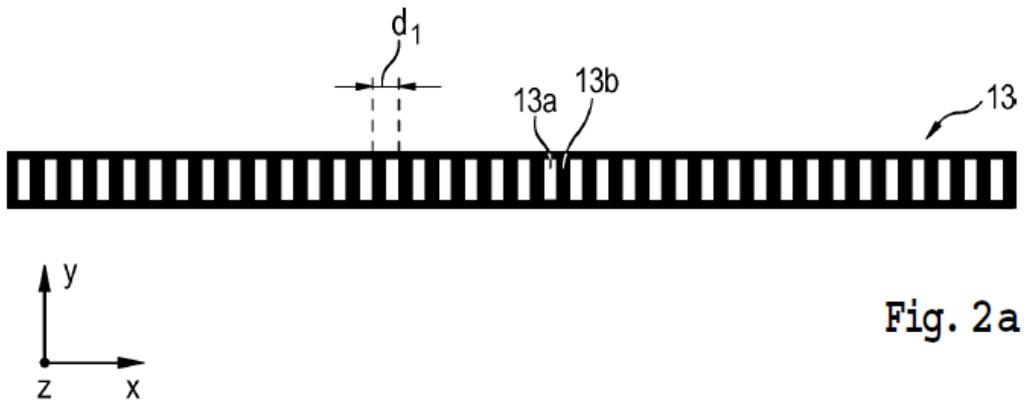


Fig. 1



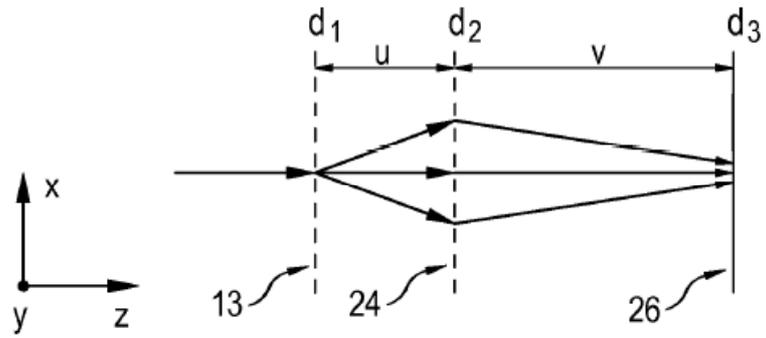


Fig. 3

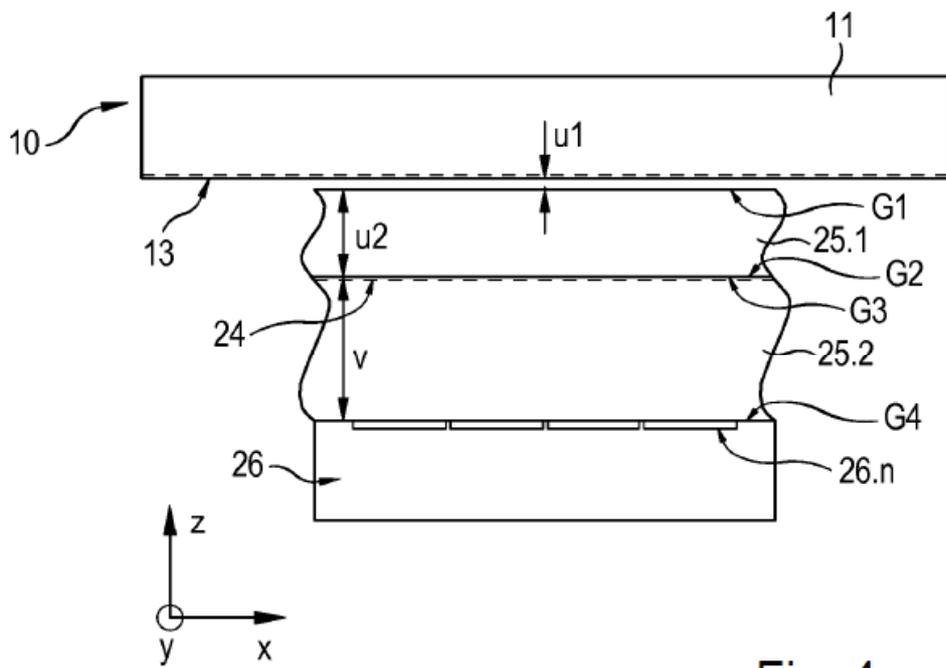


Fig. 4

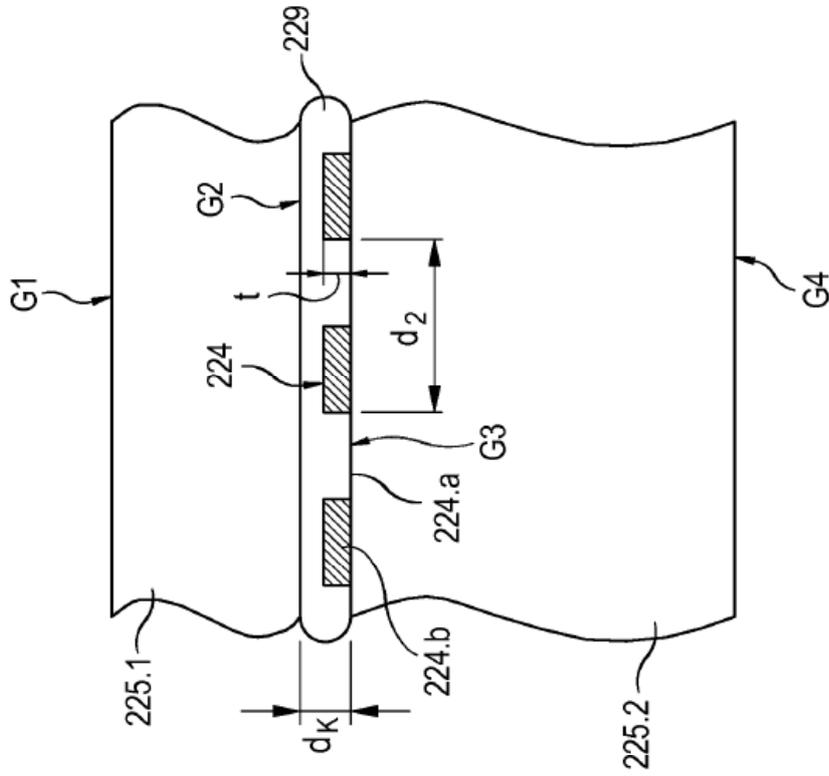


Fig. 5a

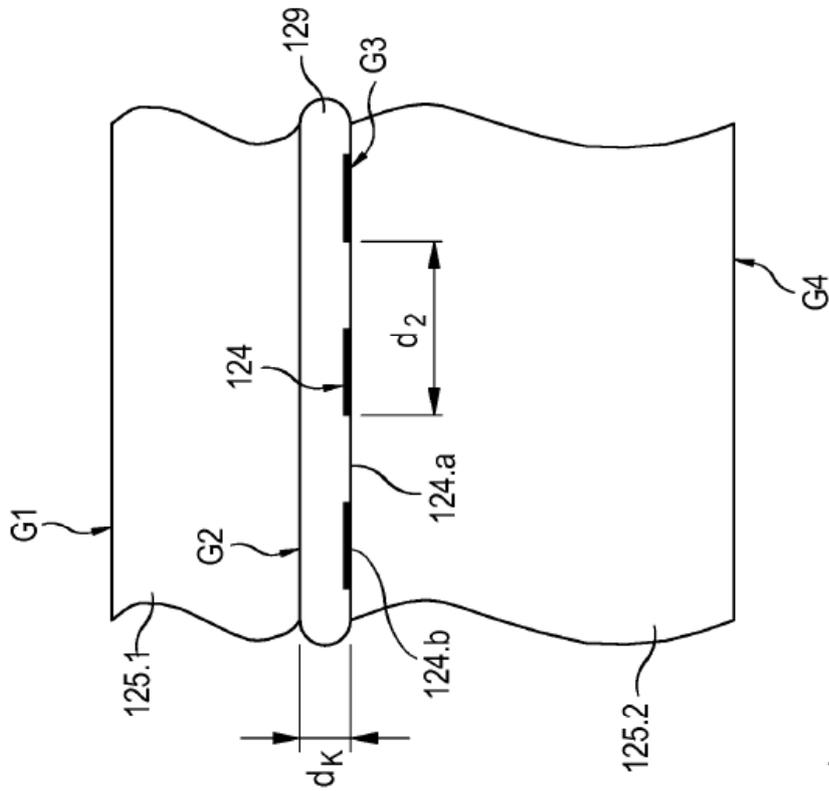


Fig. 5b