

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 943 273**

51 Int. Cl.:

G01D 5/347

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2021** **E 21207893 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2023** **EP 4006495**

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

30 Prioridad:

25.11.2020 DE 102020214778

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

12.06.2023

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

BENNER, ULRICH;
NUTZINGER, TAREK;
KREMPKE, DANIEL y
HAUNREITER, JOHANNES

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 943 273 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 óptico de medición de la posición

5 CAMPO DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere a un dispositivo óptico de medición de la posición. Éste es adecuado para determinar la posición de un primer objeto con respecto a un segundo objeto.

10 ESTADO DE LA TÉCNICA

Una disposición genérica de medición de la posición se conoce, por ejemplo, por el documento DE 10 2016 211 150 A1. Esta se usa para determinar la posición de un primer objeto con respecto a un segundo objeto, estando dispuestos los objetos de manera móvil uno con respecto al otro a lo largo de al menos una dirección de medición. En este caso, por un lado, está previsto un estándar de medición que se extiende a lo largo de la dirección de medición, que está conectado con el primer objeto. El estándar de medición incluye una primera pista con una graduación de medición incremental, que está constituida por áreas de graduación con diferentes propiedades ópticas. Las áreas de graduación están dispuestas de manera periódica alternativamente a lo largo de la dirección de medición con la periodicidad de graduación de medición P_{INC} , en donde la periodicidad de graduación de medición P_{INC} indica la suma de las anchuras de diferentes áreas de graduación adyacentes. Además, el estándar de medición comprende una segunda pista con una graduación de medición absoluta, que presenta una codificación para determinar la posición absoluta y está constituida por áreas de graduación con diferentes propiedades ópticas, que están dispuestas aperiódicamente a lo largo de la dirección de medición. Además, el dispositivo de medición de la posición presenta una unidad de exploración que está conectada con el segundo objeto. La unidad de exploración comprende al menos una fuente de luz, así como un detector con una disposición de detector absoluta para detectar un patrón de luz aperiódico transmitido desde la graduación de medición absoluta a un plano de detección y una disposición de detector incremental para detectar un patrón de luz periódico transmitido desde la graduación de medición incremental al plano de detección. Además, la unidad de exploración presenta una placa de fibra óptica, que está constituida por una multiplicidad de fibras ópticas dispuestas una junto a otra, cuyas superficies de entrada de imagen están orientadas hacia el estándar de medición y cuyas superficies de salida de imagen están orientadas hacia el detector.

Un dispositivo de medición de la posición de este tipo permite, por ejemplo, determinar en una máquina la posición de un componente de máquina móvil con respecto a un bastidor de máquina estacionario con respecto a éste. El componente de máquina móvil, por un lado, y el bastidor de máquina estacionario, por otro lado, funcionan en este caso por consiguiente como los dos objetos móviles uno con respecto a otro. Un dispositivo de control de máquina de nivel superior sirve como electrónica de seguimiento, que utiliza las señales dependientes de la posición generadas, por ejemplo, para posicionar los componentes de máquina móviles.

La placa de fibra óptica utilizada en la unidad de exploración se utiliza en el ejemplo de realización explicado del documento mencionado anteriormente para explorar la graduación de medición absoluta codificada. Esto significa que durante la operación de medición, se transmite un patrón de luz a través de la placa de fibra óptica al plano de detección del detector, que resulta de la interacción del haz de rayos emitido por la fuente de luz con la graduación de medición absoluta. Para explorar la graduación de medición incremental con respecto al estándar de medición, en la unidad de exploración de manera adyacente a la placa de fibra óptica está dispuesta una placa de exploración separada con una rejilla de exploración adecuada. Al ensamblar la unidad de exploración, una estructura de este tipo tiene como consecuencia que entonces con la placa de fibra óptica y la placa de exploración deben alinearse o montarse dos componentes de manera muy precisa con respecto a las respectivas disposiciones de detector. Los diferentes grosores relacionados con la producción de la placa de fibra óptica y la placa de exploración tienen como consecuencia además que se forme un borde entre los componentes dispuestos de manera adyacente. En este borde puede acumularse suciedad durante la operación de la medición y, por lo tanto, poner en peligro la funcionalidad del dispositivo de medición de la posición.

El uso de una placa de fibra óptica en la unidad de exploración de un dispositivo óptico de medición de la posición también se conoce por el documento EP 3 633 323 A1. Sin embargo, el dispositivo de medición de la posición allí descrito no presenta ningún estándar de medición con pistas separadas para una graduación de medición incremental y una graduación de medición absoluta. Dado que con ello no se producen los problemas explicados anteriormente en este dispositivo de medición de la posición, no se pueden encontrar en este documento sugerencias para optimizar el dispositivo de medición de la posición discutido anteriormente o para resolver los problemas mencionados anteriormente.

60 SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención se basa en el objetivo de indicar un dispositivo óptico de medición de la posición del tipo explicado anteriormente, que permita un montaje simplificado de los componentes de la unidad de exploración y al mismo tiempo sea lo más insensible posible frente a ensuciamientos eventuales.

Este objetivo se soluciona de acuerdo con la invención mediante un dispositivo óptico de medición de la posición con las características de la reivindicación 1.

Realizaciones ventajosas del dispositivo óptico de medición de la posición de acuerdo con la invención resultan de las medidas que se exponen en las reivindicaciones dependientes.

El dispositivo óptico de medición de la posición de acuerdo con la invención sirve para determinar la posición de un primer objeto con respecto a un segundo objeto móvil con respecto a éste a lo largo de al menos una dirección de medición. Éste comprende un estándar de medición que se extiende a lo largo de la dirección de medición, que está conectado con el primer objeto. El estándar de medición presenta una primera pista con una graduación de medición incremental, que está constituida por áreas de graduación con diferentes propiedades ópticas, que están dispuestas de manera periódica alternativamente a lo largo de la dirección de medición con una periodicidad de graduación de medición, en donde la periodicidad de graduación de medición indica la suma de las anchuras de distintas áreas de graduación adyacentes. Además, el estándar de medición presenta una segunda pista con una graduación de medición absoluta, que tiene una codificación para determinar la posición absoluta y está constituida por áreas de graduación con diferentes propiedades ópticas, que están dispuestas aperiódicamente a lo largo de la dirección de medición. El dispositivo de medición de la posición comprende además una unidad de exploración que está conectada con el segundo objeto. En el lado de la unidad de exploración está prevista al menos una fuente de luz, así como un detector con una disposición de detector absoluta para detectar un patrón de luz aperiódico transmitido desde la graduación de medición absoluta a un plano de detección y una disposición de detector incremental para detectar un patrón de luz periódico transmitido desde la graduación de medición incremental al plano de detección. Además, la unidad de exploración comprende una placa de fibra óptica, que está constituida por una multiplicidad de fibras ópticas dispuestas una al lado de otra, cuyas superficies de entrada de imagen están orientadas hacia el estándar de medición y cuyas superficies de salida de imagen están orientadas hacia el detector. La placa de fibra óptica está dispuesta como componente continuo frente a la disposición de detector absoluta y la disposición de detector incremental, de modo que tanto la información de la pista absoluta como la información de la pista incremental se transmiten a los respectivos planos de detección a través de la placa de fibra óptica.

Preferiblemente, la placa de fibra óptica presenta una rejilla de exploración en un área frente a la disposición de detector incremental.

En este caso, la rejilla de exploración puede estar configurada como rejilla de amplitud y puede estar constituida por áreas de rejilla permeables y opacas en forma de línea, dispuestas alternativamente a lo largo de la dirección de medición, en donde las áreas de rejilla de la rejilla de exploración están dispuestas periódicamente con una periodicidad de rejilla de exploración y la periodicidad de la rejilla de exploración indica la suma de las anchuras de áreas de rejilla permeables e impermeables adyacentes.

Ventajosamente, las fibras ópticas están dispuestas a este respecto en la placa de fibra óptica a lo largo de la dirección de medición en una retícula con una periodicidad de fibra promedio para la que se cumple

$$P_{AG} / 2 > P_{FX},$$

con

P_{FX} := periodicidad de fibra promedio a lo largo de la dirección de medición x
 P_{AG} := periodicidad de la rejilla de exploración.

Además es posible que la rejilla de exploración esté dispuesta en el lado de entrada de imagen de la placa de fibra óptica orientado hacia el estándar de medición.

Además puede estar previsto que en el lado de entrada de imagen de la placa de fibra óptica orientado hacia el estándar de medición esté dispuesto al menos parcialmente un recubrimiento impermeable a la luz, plano con una ventana de exploración incremental así como una ventana de exploración absoluta, en donde la rejilla de exploración está dispuesta en la ventana de exploración incremental.

Además, la periodicidad de rejilla de exploración puede seleccionarse de manera distinta a la periodicidad de graduación de medición de la graduación de medición incremental.

Por ejemplo, la periodicidad de rejilla de exploración puede seleccionarse de acuerdo con

$$P_{AG} = (k \cdot P_{DET} \cdot P_{INC}) / (k \cdot P_{DET} \pm P_{INC}),$$

con:

P_{AG} := periodicidad de rejilla de exploración
 P_{INC} := periodicidad de graduación de medición de la graduación de medición incremental
 P_{DET} := periodicidad del detector de la disposición de detector incremental
 k := 3, 4.

Además, puede cumplirse a este respecto

$$n \cdot P_{AG} = P_{DET},$$

con:

P_{AG} := periodicidad de rejilla de exploración

P_{DET} := periodicidad del detector de la disposición de detector incremental

$n := 1, 2, 3, \dots$

Alternativamente, también es posible que la periodicidad de rejilla de exploración se seleccione igual a la periodicidad de graduación de medición de la graduación de medición incremental, al menos dentro de un área de rejilla de exploración.

Ventajosamente está previsto que la disposición de detector incremental comprenda una multiplicidad de elementos detectores sensibles a la luz, que están dispuestos periódicamente con una periodicidad del detector a lo largo de la dirección de medición, en donde la periodicidad del detector indica la anchura de un elemento detector a lo largo de la dirección de medición.

En este caso, pueden estar dispuestos tres o cuatro elementos detectores a lo largo de la dirección de medición dentro de un período del patrón de luz periódico transmitido desde la graduación de medición incremental al plano de detección.

Además, puede estar previsto que la disposición de detector incremental y la disposición de detector absoluta estén integradas en un opto-ASIC que está dispuesto en una cavidad de un elemento de soporte, en donde el lado superior del opto-ASIC sobresale del lado superior del elemento de soporte.

A este respecto, la placa de fibra óptica puede estar dispuesta en el lado superior del opto-ASIC, en donde un medio de espacio intermedio se encuentra al menos entre la superficie de salida de imagen de la placa de fibra óptica y las disposiciones de detector.

Como ventaja significativa de la solución de acuerdo con la invención ha de mencionarse que al ensamblar la unidad de exploración, solo se debe orientar y ensamblar un único componente con respecto al detector, ya que está prevista una placa de fibra óptica continua frente a las dos disposiciones de detector. La placa de fibra óptica formada como componente continuo presenta una superficie libre de protuberancias o bordes en los que, de otro modo, se podrían acumular suciedades.

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

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Muestran

La figura 1, una representación muy esquematizada de un ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de la posición de acuerdo con la invención en una vista en sección;

la figura 2, una representación espacial de la placa de fibra óptica del dispositivo de medición de la posición de la figura 1;

la figura 3, una vista en sección ampliada del dispositivo de medición de la posición de la figura 1 en el área de la disposición de detector incremental;

la figura 4, una representación con una parte de la disposición de detector incremental y de la rejilla de exploración en otra variante del dispositivo óptico de medición de la posición de acuerdo con la invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN

En la figura 1 se muestra una vista en sección esquematizada de un ejemplo de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención; otros detalles de este dispositivo están representados en las siguientes figuras 2 y 3. El ejemplo de realización se explica a continuación por medio de las diferentes figuras.

El dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención sirve para determinar la posición de un primer objeto O1 con respecto a un segundo objeto O2 móvil con respecto a éste a lo largo de al menos una dirección de medición x. Uno de los objetos O1, por ejemplo, un primer componente de máquina está conectado en este caso con el estándar de medición 10 del dispositivo de medición de la posición, que se extiende a lo largo de la dirección de medición x. El otro objeto O2, por ejemplo un segundo componente de máquina, es móvil con respecto al primer componente de máquina a lo largo de la dirección de medición x y está conectado con la unidad de exploración 20 del dispositivo de medición de la posición. En el presente ejemplo de realización está previsto un movimiento relativo de los dos objetos O1, O2 a lo largo de una dirección de medición x lineal, en donde la dirección de medición x está orientada perpendicularmente al plano del dibujo en la figura 1.

Con ayuda del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención, a partir de la exploración óptica del estándar de medición 10 pueden generarse señales dependientes de la posición relativas a la posición de los dos objetos O1, O2 o bien de los componentes de máquina correspondientes que pueden moverse uno con respecto a otro y transmitirse a un dispositivo electrónico de seguimiento – no representado. Como dispositivo electrónico de seguimiento puede estar previsto, por ejemplo, un control de máquina superior que utiliza las señales dependientes de la posición para posicionar los componentes de máquina.

El estándar de medición 10 está constituido por un sustrato de soporte transparente, por ejemplo de vidrio, en cuyo lado superior está dispuesta, en el presente ejemplo de realización, una primera pista que se extiende a lo largo de la dirección de medición x con una graduación de medición incremental 11 y una segunda pista paralela a ésta con una graduación de medición absoluta 12.

La graduación de medición incremental 11 está constituida por áreas de graduación con diferentes propiedades ópticas, que están dispuestas de manera periódica alternativamente a lo largo de la dirección de medición x con una periodicidad de graduación de medición P_{INC} ; a este respecto la periodicidad de graduación de medición P_{INC} indica la suma de las anchuras de dos áreas de graduación diferentes adyacentes. En el ejemplo representado, la graduación de medición incremental 11 está configurada como rejilla de amplitud, es decir, las diferentes áreas de graduación tienen en cada caso distintas permeabilidades ópticas; así, por un lado, están previstas áreas de graduación impermeables a la luz - por ejemplo de cromo - y por otro lado áreas de graduación permeables a la luz.

La graduación de medición absoluta 12 presenta una codificación para determinar la posición absoluta y está constituida por áreas de graduación con diferentes propiedades ópticas, que están dispuestas aperiódicamente a lo largo de la dirección de medición x. De manera análoga a la graduación de medición incremental 11, las diferentes áreas de graduación de la graduación de medición absoluta 12 tienen diferentes permeabilidades ópticas. La codificación aperiódica de la graduación de medición absoluta 12 puede estar configurada, por ejemplo, como código pseudoaleatorio (PRC).

En el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención, la información de posición absoluta aproximada se obtiene de la exploración óptica de la graduación de medición absoluta 12, que se compensa con la información de posición incremental de alta resolución generada a partir de la exploración óptica de la graduación de medición incremental 11. En el lado de salida, por lo tanto, está disponible información de posición absoluta de alta resolución en relación con la posición de los dos objetos O1, O2, que puede procesarse posteriormente, por ejemplo, por el control de máquina posterior.

En el lado de la unidad de exploración 20 están dispuestos, en el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención, los otros componentes necesarios para la exploración óptica del estándar de medición 10 o de las dos graduaciones de medición 11, 12 y para generar las señales dependientes de la posición. A esto pertenece la fuente de luz 21 dispuesta en un lado del estándar de medición 10, que está configurada, por ejemplo, como un LED (Light Emitting Diode) y emite radiación, por ejemplo, con una longitud de onda de 850 nm. La fuente de luz 21 está precedida en la dirección de propagación de los rayos por una óptica de colimación 22 para colimar el haz de rayos de la fuente de luz 21 emitido en la dirección del estándar de medición 10.

En el lado opuesto del estándar de medición 10 están dispuestos otros componentes en la unidad de exploración 20, que sirven para la exploración óptica de las dos graduaciones de medición 11, 12 y para generar las señales dependientes de la posición. De ese modo está prevista allí una placa de fibra óptica 23, que está constituida por una pluralidad de fibras ópticas dispuestas una al lado de la otra, cuyas superficies de entrada de imagen están orientadas hacia el estándar de medición 10 y cuyas superficies de salida de imagen están orientadas hacia un detector dispuesto posteriormente con una disposición de detector incremental 26 y una disposición de detector absoluta 27. La disposición de detector incremental 26 sirve en este caso para detectar un patrón de luz periódico transmitido desde la graduación de medición incremental 11 a un plano de detección; con ayuda de la disposición de detector absoluta 27 se detecta un patrón de luz aperiódico transmitido desde la graduación de medición absoluta 12 a un plano de detección. A través de la placa de fibra óptica 23 se transmite información de las dos graduaciones de medición 11, 12 hacia los planos de detección de las correspondientes disposiciones de detector 26, 27.

En el ejemplo de realización representado, la disposición de detector incremental 26 y la disposición de detector absoluta 27 están integradas en un opto-ASIC 28, que está dispuesto en la unidad de exploración 20 en una cavidad de un elemento de soporte 29, por ejemplo, una placa de circuito impreso o circuito impreso adecuados. Ya tiene lugar un primer procesamiento de las señales registradas en el Opto-ASIC 28 antes de que se transmitan a un dispositivo electrónico de seguimiento - no representado. Tal como es evidente a partir de la figura 1, el lado superior del opto-ASIC 28 sobresale del lado superior del elemento de soporte 29.

Además, está dispuesto un medio de espacio intermedio 30 entre la superficie de salida de imagen de la placa de fibra óptica 23 y las superficies sensibles a la luz de las disposiciones de detector 26, 27 integradas en el opto-ASIC 29. Este se selecciona de tal manera que los haces de rayos que salen de la superficie de salida de imagen de la placa de fibra óptica 23 experimenten menos desviación en el camino hacia las respectivas disposiciones de detector 26, 27

que en el caso sin un medio de espacio intermedio. Además de minimizar los saltos en el índice de refracción y los reflejos asociados a ello en las interfaces, esto asegura en particular que en los planos de detección de la disposición de detector incremental 26 y la disposición de detector absoluta 27 se genera en cada caso un patrón de luz lo más rico posible en contraste. En relación con el medio de espacio intermedio 30, también debe mencionarse que de esta manera se puede evitar la contaminación en el área entre la placa de fibra óptica 23 y el opto-ASIC 29. Como material para el medio de espacio intermedio 30 se tiene en consideración, por ejemplo, adhesivos con un índice de refracción adecuadamente elegido. Con respecto a otros detalles sobre el medio de espacio intermedio 30, se remite de manera expresa al documento DE 10 2016 211 150 A1 ya mencionado.

Para evitar los problemas discutidos anteriormente, en el dispositivo óptico de medición de la posición de acuerdo con la invención está previsto ahora que la placa de fibra óptica 23 dispuesta en la unidad de exploración 20 esté dispuesta como un componente continuo frente a la disposición de detector absoluta 27 y a la disposición de detector incremental 26 o sus superficies sensibles a la luz. De esta manera, a través de la placa de fibra óptica 23 se realiza tanto una transmisión de información de pista absoluta como también de información de pista incremental hacia los respectivos planos de detección de las correspondientes disposiciones de detector 26, 27. A diferencia de esto, en el documento DE 10 2016 211 150 A1 se usa la placa de fibra óptica solo para transmitir el patrón de luz de la graduación de medición absoluta codificada al plano de detección de la disposición de detector absoluta. En la trayectoria del rayo de exploración para generar la señal incremental está prevista allí una placa de exploración separada con una rejilla de exploración integrada en ésta entre la graduación de medición incremental y la disposición de detector incremental.

Al ensamblar el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención, en comparación con la solución conocida, solo un único componente debe orientarse y ensamblarse correctamente con respecto a las disposiciones de detector 26, 27 o el opto-ASIC; el resultado es un esfuerzo de montaje significativamente reducido. La superficie de la placa de fibra óptica 23 orientada hacia el estándar de medición 10 es continuamente plana y, en particular, no tiene bordes, lo que es inevitable en el caso de una placa de exploración adicional para la exploración incremental. Esto significa que no se puede acumular suciedad en esta superficie durante la operación de medición. También es posible un manejo más fácil de la placa de fibra óptica 23 durante el proceso de montaje si esta superficie se puede usar para succión a vacío mediante un dispositivo de posicionamiento adecuado. Además, el grosor de la placa de fibra óptica 23 puede elegirse básicamente de manera arbitraria. De esta manera es posible, mediante el dimensionamiento de la placa de fibra óptica 23, garantizar una protección mecánica de los componentes sensibles, dispuestos posteriormente en la trayectoria del haz.

La placa de fibra óptica 23 empleada está constituida por una pluralidad de fibras ópticas dispuestas una al lado de la otra, que se fusionan entre sí y se cortan y rectifican en una placa planoparalela. Dichas placas de fibra óptica están disponibles comercialmente bajo la denominación "Fiber Optic Faceplates".

Con respecto a la función de la placa de fibra óptica 23 para explorar la graduación de medición absoluta 12 y la transmisión de la información de pista absoluta al plano de detección de la disposición de detector absoluta 27 se remite al documento DE 10 2016 211 150 A1.

Para poder transmitir también la información de pista incremental a través de la placa de fibra óptica 23 al plano de detección de la disposición de detector incremental, han resultado ventajosas otras medidas en el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención. De ese modo, en la placa de fibra óptica 23 está dispuesta una rejilla de exploración 24 en un área frente a la disposición de detector incremental 26. En el presente ejemplo de realización, la disposición de la rejilla de exploración 24 está prevista en el lado de entrada de imagen de la placa de fibra óptica 23 orientado hacia el estándar de medición 10. La rejilla de exploración 24 está configurada en este caso como rejilla de amplitud. Esta está constituida por áreas de rejilla permeables e impermeables en forma de líneas, dispuestas periódicamente en la dirección de medición x, cuya dirección longitudinal está orientada perpendicularmente a la dirección de medición x. Como periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} se designa a este respecto a continuación la anchura de las áreas de rejilla permeables e impermeables, dispuestas de manera adyacente en la rejilla de exploración 24.

En un posible ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de la posición de acuerdo con la invención, la periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} se selecciona claramente más grande que una periodicidad de fibra promedio P_{FX} . Esto indica una medida de la periodicidad promedio de la retícula de fibras ópticas a lo largo de la dirección de medición x en la placa de fibras ópticas 23. Preferentemente, a este respecto está previsto que la siguiente relación se aplique a estas dos periodicidades:

$$P_{AG} / 2 > P_{FX} \quad (Gl. 1)$$

con

P_{FX} := periodicidad de fibra promedio a lo largo de la dirección de medición x
 P_{AG} := periodicidad de la rejilla de exploración

A través de un dimensionamiento de este tipo de las dos periodicidades P_{AG} , P_{FX} se garantiza que en el área de las

áreas de rejilla permeables de la rejilla de exploración 24 contribuyan a la transmisión de señales tantas fibras ópticas como sea posible.

Una placa de fibra óptica 23 correspondiente se muestra en la figura 2 en una representación en perspectiva. El lado superior de la placa de fibra óptica 23 representa a este respecto el lado de entrada de imagen, que está orientado hacia el estándar de medición en el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención. Tal como es evidente a partir de la figura, en el lado superior de la placa de fibra óptica 23 está dispuesto un recubrimiento 31 impermeable a la luz, plano, que presenta dos ventanas de exploración 32, 25 rectangulares. Por un lado, en el recubrimiento 31 está prevista a este respecto una ventana de exploración incremental 32, en la que está dispuesta la rejilla de exploración 24. Por otro lado, el recubrimiento 31 presenta una ventana de exploración absoluta 25 que está configurada de manera en gran parte permeable. La ventana de exploración incremental 32 está dispuesta en un área de la placa de exploración de fibra óptica 23 frente a la disposición de detector incremental 26, la ventana de exploración absoluta 25 en un área de la placa de exploración de fibra óptica 23 frente a la disposición de detector absoluta 27.

El detector con la disposición de detector absoluta 27 y la disposición de detector incremental 26 está dispuesto posteriormente a la placa de fibra óptica 23 en el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La disposición de detector absoluta 27 está constituida a este respecto por una disposición de elementos detectores sensibles a la luz individuales, por ejemplo una línea CCD adecuada, periódica a lo largo de la dirección de medición x.

La disposición de detector incremental 26 comprende una pluralidad de elementos detectores sensibles a la luz que están dispuestos periódicamente con una periodicidad del detector P_{DET} a lo largo de la dirección de medición x. La periodicidad del detector P_{DET} indica a este respecto la anchura de un elemento detector a lo largo de la dirección de medición x. En este contexto, se hace referencia a la ilustración de la figura 3, que muestra una vista en sección aumentada, esquematizada del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención en el área entre la disposición de detector incremental 26 y la rejilla de exploración 24.

En el ejemplo de realización representado en la figura 3, en el estándar de medición 10 está prevista una periodicidad de graduación de medición $P_{INC} = 20 \mu m$ para la graduación de medición incremental 11. La rejilla de exploración 24 en el lado de entrada de imagen de la placa de fibra óptica 23 tiene una periodicidad de rejilla de exploración $P_{AG} = 19,512 \mu m$ y, por lo tanto, se desvía ligeramente de la periodicidad de graduación de medición P_{INC} . El patrón de luz periódico resultante de la interacción del haz de rayos con la graduación de medición incremental 11 y la rejilla de exploración 24 se transmite a través de la placa de fibra óptica 23 al plano de detección de la disposición de detector incremental 26; tiene una periodicidad de patrón de luz $P_{LM} = 800 \mu m$. Tal como puede distinguirse a partir de la figura 3, cuatro elementos detectores 26.1 - 26.4 están dispuestos a lo largo de la dirección de medición x dentro de un período del patrón de luz en el plano de detección, en los que en el caso del movimiento relativo del estándar de medición 10 y la unidad de exploración 20 resultan señales incrementales desfasadas con los ángulos de fase relativos $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ indicados en la figura; la periodicidad del detector P_{DET} asciende en el presente ejemplo de realización a $P_{DET} = 200 \mu m$.

A continuación se consideran con más detalle variantes del dispositivo óptico de medición de la posición de acuerdo con la invención, que se diferencian esencialmente mediante la elección de la periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} .

En una primera variante, la periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} se selecciona de manera análoga al ejemplo explicado de la figura 3, es decir, de tal manera que la periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} se selecciona de manera distinta a la periodicidad de graduación de medición P_{INC} de la graduación de medición incremental, es decir, $P_{AG} \neq P_{INC}$.

En este caso, después de la interacción de los haces de rayos emitidos por la fuente de luz con la graduación de medición incremental y la rejilla de exploración en el plano de detección resulta un patrón de luz (Vernier) periódico con la periodicidad de patrón de luz P_{LM} . A este respecto se obtiene como resultado la periodicidad de patrón de luz P_{LM} de acuerdo con la siguiente relación:

$$P_{LM} = \pm P_{AG} \cdot P_{INC} / (P_{AG} - P_{INC}) \quad (Gl. 2)$$

con:

P_{LM} := periodicidad de patrón de luz
 P_{AG} := periodicidad de rejilla de exploración
 P_{INC} := periodicidad de graduación de medición

Dentro de un período de patrón de luz, habitualmente se disponen entonces tres o cuatro elementos detectores distribuidos uniformemente en la disposición de detector incremental. En el caso de un movimiento relativo del

estándar de medición y la unidad de exploración, estos proporcionan tres señales incrementales desfasadas 120° o cuatro desfasadas 90°. Normalmente, se exploran varios (N) periodos de patrón de luz con la ayuda de la disposición de detector incremental. Para cada fase de señal incremental, varios (N) elementos detectores conectados en paralelo contribuyen entonces a generar señales. Si se utilizan k (3, 4) elementos detectores por período de patrón de luz, se aplica entonces:

$$k \cdot P_{DET} = \pm P_{AG} \cdot P_{INC} / (P_{AG} - P_{INC}) \quad (Gl. 3)$$

con:

k := 3, 4
 P_{DET} := periodicidad del detector
 P_{LM} := periodicidad del patrón de luz
 P_{AG} := periodicidad de rejilla de exploración
 P_{INC} := periodicidad de graduación de medición

La periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} requerida resulta en el caso de periodicidad de graduación de medición P_{INC} predeterminada y periodicidad del detector P_{DET} a partir de esta relación entonces de acuerdo con

$$P_{AG} = (k \cdot P_{DET} \cdot P_{INC}) / (k \cdot P_{DET} \pm P_{INC}) \quad (Gl. 4)$$

con:

P_{AG} := periodicidad de rejilla de exploración
 P_{INC} := periodicidad de graduación de medición de la graduación de medición incremental
 P_{DET} := periodicidad del detector de la disposición de detector incremental
k := 3, 4

En el caso de la primera variante considerada con $P_{AG} \neq P_{INC}$ también ha de tenerse en cuenta además en qué medida se diferencian una de otra la periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} y la periodicidad de graduación de medición P_{INC} . De esto depende esencialmente cuántas áreas de rejilla impermeables a la luz por elemento detector contribuyen a la adquisición de señales.

Si, como en el ejemplo anterior de la figura 3, solo hay una ligera diferencia entre la periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} y la periodicidad de graduación de medición P_{INC} , entonces en cada caso un número similar de áreas de rejilla impermeables a la luz de la rejilla de exploración por elemento detector contribuye a la adquisición de señales para los elementos detectores de fase diferente; en este caso, las señales incrementales desfasadas resultantes difieren solo insignificadamente con respecto a sus desfases, relaciones de amplitud y de fase.

Si, por otro lado, la periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} y la periodicidad de graduación de medición P_{INC} difieren de manera significativa, entonces puede suceder que un número diferente de áreas de rejilla impermeables a la luz de la rejilla de exploración por elemento detector contribuya a la adquisición de señales. Como resultado de esto, las señales incrementales desfasadas resultantes exhiben diferencias significativas en términos de sus desfases, relaciones de amplitud y de fase; pueden resultar errores en la determinación de la posición. Con el fin de contrarrestar este problema, puede especificarse como condición adicional para el diseño de la rejilla de exploración que para cada elemento detector, el mismo número n de áreas de rejilla impermeables a la luz de la rejilla de exploración debe contribuir a la adquisición de señales, es decir, debe cumplirse entonces adicionalmente la siguiente condición:

$$n \cdot P_{AG} = P_{DET} \quad (Gl. 5)$$

con:

P_{AG} := periodicidad de rejilla de exploración
 P_{DET} := periodicidad del detector de la disposición de detector incremental
n := 1, 2, 3, ...

Como resultado de esta condición adicional resulta que en el dispositivo de medición de la posición correspondiente únicamente son posibles ciertos valores permisibles para la periodicidad del detector P_{DET} o periodicidad del patrón de luz P_{LM} , que resultan de la siguiente condición:

$$P_{DET} = \pm P_{INC}/k + n \cdot P_{INC} \quad (Gl. 6)$$

con

P_{DET} := periodicidad del detector de la disposición de detector incremental
 P_{INC} := periodicidad de graduación de medición de la graduación de medición incremental
k = 3, 4

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

Idealmente, la periodicidad del detector P_{DET} de la disposición de detector incremental debía seleccionarse también aún como múltiplo natural de la periodicidad de graduación de medición P_{INC} , ya que entonces se filtraría la imagen de la estructura de escala transferida a través de la placa de fibra óptica. Sin embargo, según la ecuación 6), la implementación adicional de esta condición no es posible.

Para el caso con $k = 4$ y una periodicidad de graduación de medición $P_{INC} = 20 \mu m$ resultan entonces por ejemplo los siguientes valores posibles para la periodicidad del detector P_{DET} o la periodicidad del patrón de luz P_{LM} :

n	$P_{DET}/\mu m$	$P_{LM}/\mu m$	$P_{DET+}/\mu m$	$P_{LM+}/\mu m$
1	15	60	25	100
2	35	140	45	180
etc.				

Dado que, como se mencionó anteriormente, una solución ideal con $P_{DET} = n \cdot P_{AG}$ y $P_{DET} = i \cdot P_{INC}$ (n, i números naturales > 0) no es posible en el marco de una exploración de Vernier, puede intentarse encontrar un compromiso óptimo. Esto puede parecer de modo que n e i no se seleccionen como números naturales, sino que se reemplazan por factores de valor real f_n y f_i que son lo más parecidos posible a los números naturales.

Con las condiciones

$$P_{AG} = f_n \cdot P_{DET} \quad (Gl. 7a)$$

y

$$P_{INC} = f_i \cdot P_{DET} \quad (Gl. 7b)$$

resulta con la Ec. 3) entonces:

$$k \cdot P_{DET} = \pm f_n \cdot f_i \cdot P_{DET} / (f_n - f_i) \quad (Gl. 8)$$

con: $k = 3, 4$,
y por lo tanto

$$k = f_i / (1 - f_i / f_n) \quad (Gl. 9).$$

Con ello resulta entre P_{DET} y P_{AG} o P_{INC} en cada caso una pulsación, cuya periodicidad puede describirse en cada caso así:

$$S_{AG} = \text{abs}(P_{DET} \cdot P_{AG} / (P_{DET} - P_{AG})) \quad (Gl. 10a)$$

o

$$S_{INC} = \text{abs}(P_{DET} \cdot P_{AG} / ((P_{DET} - P_{INC}))) \quad (Gl. 10b)$$

Es ventajoso ahora además cuando se diferencian la longitud total de la disposición de detector incremental L_{INC} , que resulta de acuerdo con

$$L_{INC} = N \cdot k \cdot P_{DET} \quad (Gl. 11)$$

(N : número de períodos de Vernier explorados)

y las dos periodicidades de pulsación S_{AG} y S_{INC} por factores de números naturales M_1 y M_2 :

$$L_{INC} = M_1 \cdot S_{AG} \quad (Gl. 12a)$$

$$L_{INC} = M_2 \cdot S_{INC} \quad (Gl. 12b)$$

A continuación se considera una segunda variante del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención; en esta se selecciona ahora la periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} al menos dentro de un área de rejilla de exploración igual a la periodicidad de graduación de medición P_{INC} de la graduación de medición incremental, es decir, allí se aplica $P_{AG} = P_{INC}$. La figura 4 muestra una representación con una parte de la disposición de detector incremental 126 y de la rejilla de exploración de una variante de este tipo del dispositivo óptico de medición de la posición de acuerdo con la invención, en la que está prevista la generación de $k = 4$ señales incrementales desfasadas

- 90°. Tal como es evidente a partir de la figura, a cada elemento detector 126.1-126.4 de la disposición de detector incremental 126 se le asignan $n = 2$ de las áreas de rejilla impermeables 124.1-124.8. Dentro de las áreas de rejilla de exploración, que a lo largo de la dirección de medición x corresponden a la anchura o la periodicidad P_{DET} de la disposición de detector incremental 126, existe una periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} que corresponde a la
- 5 periodicidad de graduación de medición P_{INC} de la graduación de medición incremental. Hay una distancia $P_{AG} + \frac{1}{4} P_{AG}$ entre las áreas de rejilla impermeables 124.1 - 124.8, que están asignadas a elementos detectores adyacentes 126.1 - 126.4. De manera análoga a esto, en el caso de $k = 3$ señales incrementales desfasadas 120° , esta distancia ascendería a $P_{AG} + \frac{1}{3} P_{AG}$.
- 10 Si, en tal variante, se selecciona la periodicidad de rejilla de exploración P_{AG} en el orden de magnitud de la periodicidad del detector P_{DET} , es decir, entonces se aplica $P_{AG} = P_{INC} = P_{DET}$, entonces se asigna a un elemento detector de la disposición de detector incremental solo una única área de rejilla impermeable ($n = 1$) de la rejilla de exploración. Entre áreas de rejilla impermeables que se han asignado a elementos detectores adyacentes, existiría también en este caso una distancia $P_{AG} + \frac{1}{4} P_{AG}$.
- 15 Además del ejemplo de realización descrito específicamente, existen, por supuesto, otras opciones de configuración en el contexto de la presente invención.
- 20 Así es posible configurar el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención no solo para detectar movimientos relativos a lo largo de una dirección de medición lineal. Naturalmente, también pueden detectarse movimientos relativos de rotación alrededor de un eje de rotación.
- Como alternativa al ejemplo explicado, las graduaciones de medición exploradas también pueden tener la forma de una rejilla de fase, etc.
- 25

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo óptico de medición de la posición para determinar la posición de un primer objeto con respecto a un segundo objeto móvil con respecto a éste a lo largo de al menos una dirección de medición (x) con

- un estándar de medición que se extiende a lo largo de la dirección de medición (x), que está conectado con el primer objeto, y

- comprende una primera pista con una graduación de medición incremental que está constituida por áreas de graduación con diferentes propiedades ópticas, que están dispuestas de manera periódica alternativamente a lo largo de la dirección de medición (x) con una periodicidad de graduación de medición (P_{INC}), en donde la periodicidad de graduación de medición (P_{INC}) indica la suma de las anchuras de las diferentes áreas de graduación adyacentes, y

- comprende una segunda pista con una graduación de medición absoluta que presenta una codificación para la determinación de la posición absoluta y está constituida por áreas de graduación con diferentes propiedades ópticas que están dispuestas aperiódicamente a lo largo de la dirección de medición (x),

- una unidad de exploración, que está conectada con el segundo objeto, con

- al menos una fuente de luz,

- un detector con una disposición de detector absoluta para detectar un patrón de luz aperiódico transmitido desde la graduación de medición absoluta a un plano de detección y una disposición de detector incremental para detectar un patrón de luz periódico transmitido desde la graduación de medición incremental al plano de detección, así como

- una placa de fibra óptica que está constituida por una multiplicidad de fibras ópticas dispuestas una junto a otra, cuyas superficies de entrada de imagen están orientadas hacia el estándar de medición y cuyas superficies de salida de imagen están orientadas hacia el detector,

caracterizado por que la placa de fibra óptica (23) está dispuesta como componente continuo frente a la disposición de detector absoluta (27) y a la disposición de detector incremental (26) y de esta manera se realiza a través de la placa de fibra óptica (23) tanto una transferencia de información de pista absoluta como también de información de pista incremental a los respectivos planos de detección.

2. Dispositivo óptico de medición de la posición según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la placa de fibra óptica (23) presenta una rejilla de exploración (24) en un área frente a la disposición de detector incremental (26).

3. Dispositivo óptico de medición de la posición según la reivindicación 2, **caracterizado por que** la rejilla de exploración (24) está configurada como rejilla de amplitud y está constituida por áreas de rejilla permeables e impermeables en forma de líneas, dispuestas alternativamente a lo largo de la dirección de medición (x), en donde las áreas de rejilla de la rejilla de exploración (24) están dispuestas periódicamente con una periodicidad de rejilla de exploración (P_{AG}) y la periodicidad de rejilla de exploración (P_{AG}) indica la suma de las anchuras de las áreas de rejilla permeables e impermeables adyacentes.

4. Dispositivo óptico de medición de la posición según la reivindicación 3, **caracterizado por que** las fibras ópticas en la placa de fibra óptica (23) están dispuestas a lo largo de la dirección de medición (x) en una retícula con una periodicidad de fibra promedio (P_{FX}), para la que se cumple

$$P_{AG} / 2 > P_{FX},$$

con

P_{FX} := periodicidad de fibra promedio a lo largo de la dirección de medición x

P_{AG} := periodicidad de rejilla de exploración.

5. Dispositivo óptico de medición de la posición según la reivindicación 2, **caracterizado por que** la rejilla de exploración (24) está dispuesta en el lado de entrada de imagen de la placa de fibra óptica (23) orientado hacia el estándar de medición (10).

6. Dispositivo óptico de medición de la posición según la reivindicación 2, **caracterizado por que** en el lado de entrada de imagen de la placa de fibra óptica (24) orientado hacia el estándar de medición (10) está dispuesto al menos parcialmente un recubrimiento (31) impermeable a la luz, plano con una ventana de exploración incremental (32) así como una ventana de exploración absoluta (25) dispuesto, en donde la rejilla de exploración (24) está dispuesta en la ventana de exploración incremental (32).

7. Dispositivo óptico de medición de la posición según la reivindicación 3, **caracterizado por que** la periodicidad de

rejilla de exploración (P_{AG}) se selecciona de manera distinta a la periodicidad de graduación de medición (P_{INC}) de la graduación de medición incremental (11).

8. Dispositivo óptico de medición de la posición según la reivindicación 7, **caracterizado por que** la periodicidad de rejilla de exploración (P_{AG}) se selecciona de acuerdo con

$$P_{AG} = (k \cdot P_{DET} \cdot P_{INC}) / (k \cdot P_{DET} + /- P_{INC}),$$

con:

P_{AG} := periodicidad de rejilla de exploración
 P_{INC} := periodicidad de graduación de medición de la graduación de medición incremental
 P_{DET} := periodicidad del detector de la disposición de detector incremental
 k := 3, 4.

9. Dispositivo óptico de medición de la posición según la reivindicación 8, **caracterizado por que** además se cumple

$$n \cdot P_{AG} = P_{DET},$$

con:

P_{AG} := periodicidad de rejilla de exploración
 P_{DET} := periodicidad del detector de la disposición de detector incremental
 n := 1, 2, 3, ...

10. Dispositivo óptico de medición de la posición según la reivindicación 3,

la periodicidad de rejilla de exploración (P_{AG}) al menos dentro de un área de rejilla de exploración se selecciona de manera igual a la periodicidad de graduación de medición (P_{INC}) de la graduación de medición incremental (11).

11. Dispositivo óptico de medición de la posición según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la disposición de detector incremental (26) comprende una multiplicidad de elementos detectores sensibles a la luz (26.1-26.4; 126.1-126.4) que están dispuestos periódicamente con una periodicidad del detector (P_{DET}) a lo largo de la dirección de medición (x), en donde la periodicidad del detector (P_{DET}) indica la anchura de un elemento detector (26.1-26.4; 126.1-126.4) a lo largo de la dirección de medición (x).

12. Dispositivo óptico de medición de la posición según la reivindicación 11, **caracterizado por que** tres o cuatro elementos detectores (26.1-26.4; 126.1-126.4) están dispuestos a lo largo de la dirección de medición (x) dentro de un período (P_{LM}) del patrón de luz periódico transmitido desde la graduación de medición incremental (11) al plano de detección.

13. Dispositivo óptico de medición de la posición según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la disposición de detector incremental (26) y la disposición de detector absoluta (27) están integradas en un opto-ASIC, que está dispuesto en una cavidad de un elemento portador (29), en donde el lado superior del opto-ASIC sobresale del lado superior del elemento portador (29).

14. Dispositivo óptico de medición de la posición según la reivindicación 13, **caracterizado por que** la placa de fibra óptica (23) está dispuesta en el lado superior del opto-ASIC, en donde un medio de espacio intermedio (30) se encuentra al menos entre la superficie de salida de imagen de la placa de fibra óptica (23) y las disposiciones de detector (26, 27).

FIG. 1

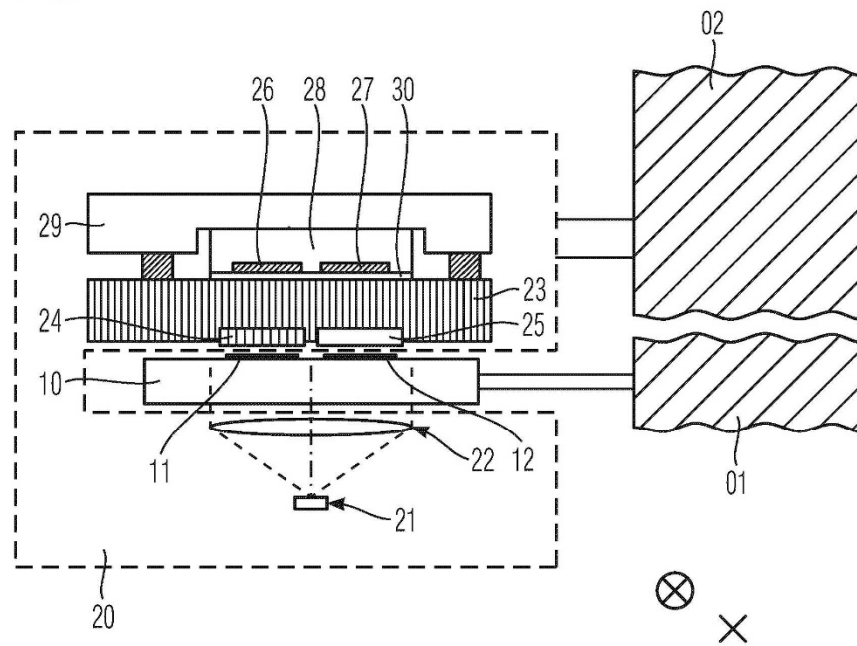


FIG. 2

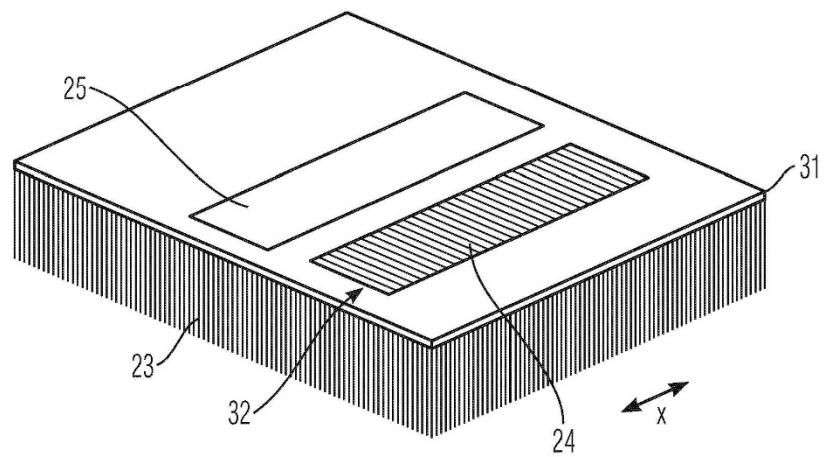


FIG. 3

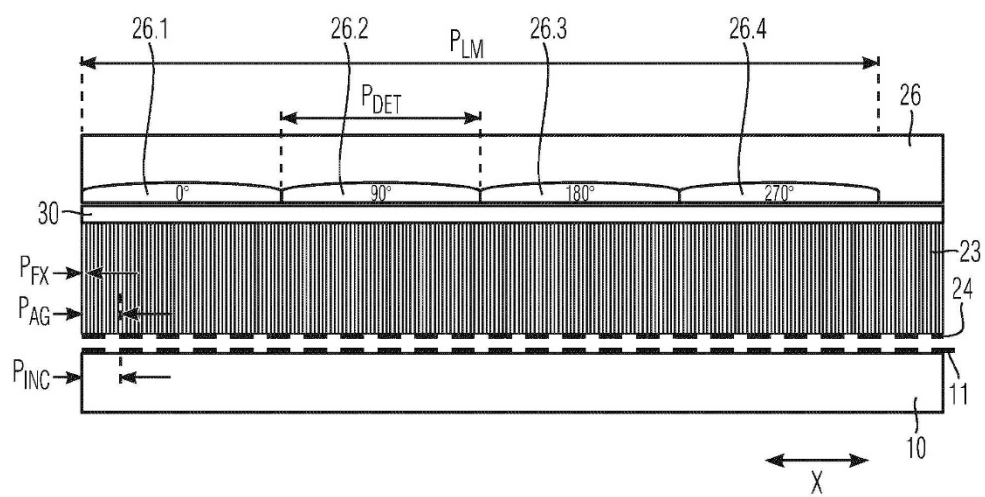


FIG. 4

