

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 026**

51 Int. Cl.:

G01D 5/347 (2006.01)

G01D 5/26 (2006.01)

G01D 5/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2017 E 17174897 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 3260820**

54 Título: **Equipo óptico de medición de posición**

30 Prioridad:

22.06.2016 DE 102016211150

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

13.03.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 704 026 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

Equipo óptico de medición de posición

5 Campo de la técnica

La presente invención se refiere a un equipo óptico de medición de posición. Este es apropiado para la determinación de la posición de un primer objeto respecto a un segundo objeto.

10 Estado de la técnica

Una disposición genérica de medición de posición se conoce, por ejemplo, por el documento EP 0 470 291 B1. Esta sirve para la determinación de la posición de un primer objeto respecto a un segundo objeto que está dispuesto de manera móvil relativamente al respecto a lo largo de al menos una dirección de medición. En este sentido, por un lado, está prevista una medida materializada que se extiende a lo largo de la primera dirección de medición y que está unida con el primer objeto. La medida materializada comprende una graduación de medida que se compone de áreas de graduación, dispuestas alternamente a lo largo de la dirección de medición, con diferentes características ópticas. Por otro lado, con el segundo objeto está unida una unidad de escaneo que comprende al menos una fuente de luz, una disposición de detector, así como una disposición de fibra óptica. La disposición de fibra óptica se compone de una pluralidad de fibras ópticas dispuestas adyacentemente entre sí cuyas superficies de entrada de imágenes están orientadas hacia la medida materializada y cuyas superficies de salida de imágenes están orientadas a la disposición de detector. De la interacción entre haces de rayos emitidos por la fuente de luz con la graduación de medida, resulta un patrón luminoso que la disposición de fibra óptica transmite a un plano de detección de la disposición de detector. Con ayuda de la disposición de detector, a partir del patrón luminoso detectado pueden generarse señales que dependen de la posición con respecto a la posición de los dos objetos móviles entre sí y transmitirse a un equipo electrónico subordinado conectado.

Un equipo de medición de posición de este tipo permite, por ejemplo, determinar en una máquina la posición de un componente de máquina móvil respecto a un bastidor de máquina, por el contrario, estacionario. El componente de máquina móvil, por un lado, y el bastidor de máquina estacionario, por otro lado, actúan en este caso, por tanto, como los dos objetos móviles entre sí. Como equipo electrónico conectado sirve un control de máquina global que utiliza las señales generadas en función de la posición, por ejemplo, para posicionar los componentes de máquina móviles.

El documento EP1382941 desvela un equipo de medición de posición de acuerdo con el estado de la técnica.

La disposición de fibra óptica está configurada en un ejemplo de realización del citado documento como paquete de lentes con varias lentes de varilla. El paquete de lentes posee en este sentido una escala de reproducción de 1:1 y proporciona la reproducción del patrón luminoso resultante del escaneo de una pista de código de codificación absoluta, en un plano de imagen que representa el plano de detección de una disposición de detector. La disposición propuesta de los componentes individuales no se ha revelado, sin embargo, como óptima en lo que respecta a una reproducción con el mayor contraste posible del patrón luminoso en el plano de detección. Debido a reflejos en diferentes superficies límite resulta una dispersión luminosa no deseada, lo que influye negativamente en la calidad de las señales que dependen de la posición.

Además, la distorsión significativa de las lentes de varilla hace que las superficies de la pista de código que se sitúan cerca de la superficie de camisa de la pista de código se reproduzcan mal. Como consecuencia, resultan errores de posición de las señales generadas en función de la posición en la trama de las lentes de varilla que no son aceptables para equipos de medición de posición de alta precisión.

Otra desventaja se deriva de la gran longitud de las lentes de varilla que son necesarias para una escala de reproducción requerida $A = 1$. Tales lentes de varilla tienen típicamente una longitud de 4 – 6 mm y no permiten, por tanto, un tamaño de construcción compacto del equipo de medición de posición.

55 Resumen de la invención

La presente invención se basa en el objetivo de indicar un equipo óptico de medición de posición del tipo explicado al principio en el que se garantice la reproducción rica en contrastes del patrón luminoso resultante del escaneo óptico de la graduación de medida en el plano de detección de la disposición de detector.

Este objetivo se consigue mediante un equipo óptico de medición de posición con las características de la reivindicación 1.

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

El equipo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención sirve para establecer la posición de un primer objeto respecto a un segundo objeto móvil relativamente al respecto a lo largo de al menos una dirección de medición. El equipo de medición de posición comprende una medida materializada que se extiende a lo largo de la dirección de medición, que está unida con el primer objeto y presenta al menos una graduación de medida que se compone de áreas de graduación, dispuestas alternamente a lo largo de la dirección de medición, con diferentes características ópticas. Además, está prevista una unidad de escaneo que está unida con el segundo objeto y comprende al menos una fuente de luz, una disposición de detector, así como al menos una disposición de fibra óptica que se compone de una pluralidad de fibras ópticas dispuestas adyacentemente entre sí cuyas superficies de entrada de imágenes están orientadas hacia la medida materializada y cuyas superficies de salida de imágenes están orientadas a la disposición de detector. De la interacción entre haces de rayos emitidos por la fuente de luz con la graduación de medida, resulta un patrón luminoso que la disposición de fibra óptica transmite a un plano de detección de la disposición de detector. La disposición de fibra óptica está configurada como placa de fibra óptica; entre la superficie de salida de imagen de la placa de fibra óptica y la disposición de detector, está dispuesto un medio de espacio intermedio que asegura que los haces de rayos procedentes de la superficie de salida de imagen en su trayectoria hacia la disposición de detector sufran una deflexión menor de lo que sería en el caso sin un medio de espacio intermedio.

Preferentemente, el medio de espacio intermedio presenta un índice refractivo en el intervalo

$$1,3 < n_{ZM} < 2,3$$

con n_{ZM} := índice refractivo del medio de espacio intermedio.

Además, puede estar previsto que el grosor del medio de espacio intermedio se sitúe en el intervalo

$$5 \mu\text{m} < d_{ZM} < 100 \mu\text{m}$$

con d_{ZM} := grosor del medio de espacio intermedio.

Ventajosamente, está previsto un material adhesivo como medio de espacio intermedio.

Además, es posible que el grosor de la placa de fibra óptica se sitúe en el intervalo

$$2 \bullet d_x < d_{FP} < d_x / 4 \bullet \rho$$

con

d_{FP} := grosor de la placa de fibra óptica

d_x := periodo de graduación de una graduación de medida periódica o ancho mínimo de estructura de una graduación de medida aperiódica a lo largo de la dirección de medición

ρ := factor de distorsión de la placa de fibra óptica, que se corresponde con el desplazamiento lateral que resulta durante la transmisión del patrón luminoso por medio de la placa de fibra óptica entre superficie de entrada de imagen y superficie de salida de imagen relativamente a la longitud de fibra.

Ventajosamente, puede estar previsto, además, que

- la disposición de detector se componga de una disposición periódica a lo largo de la dirección de medición de elementos de detector individuales en la trama de una periodicidad de detector definida y
- las fibras ópticas estén dispuestas en la placa de fibra óptica a lo largo de la dirección de medición en una trama periódica con una primera periodicidad de fibra óptica, para la que se cumple

$$P_{FPx} \leq P_{DET}$$

con

P_{FPx} := primera periodicidad de fibra óptica a lo largo de la dirección de medición x
 P_{DET} := periodicidad de detector a lo largo de la dirección de medición x.

A este respecto, también es posible que las fibras ópticas en la placa de fibra óptica estén dispuestas a lo largo de una dirección perpendicularmente a la dirección de medición en una trama periódica con una segunda periodicidad de fibra óptica para la que se cumple

$$P_{FPy} = P_{FPx}$$

con

P_{FPx} := primera periodicidad de fibra óptica a lo largo de la dirección de medición

P_{FPy} := segunda periodicidad de fibra óptica a lo largo de una dirección perpendicularmente a la dirección de medición

- 5 Además, puede estar previsto que, para la distancia entre la graduación de medida y la superficie de entrada de imagen de la placa de fibra óptica se cumpla

$$d_{MBE} \leq 200 \mu\text{m}$$

- 10 con d_{MBE} := distancia entre la graduación de medida y la superficie de entrada de imagen.

En una posible variante, la placa de fibra óptica presenta una sección transversal con forma rectangular, extendiéndose el eje longitudinal rectangular paralelamente a la dirección de medición.

- 15 Finalmente, es posible que en la placa de fibra óptica esté dispuesto entre las fibras ópticas un medio de cristal que absorba luz que no contribuya a la generación de señales.

- 20 Además, puede estar previsto que la graduación de medida esté configurada como graduación de medida absoluta que presente un código aperiódico para la determinación de posición absoluta y la disposición de detector esté configurada como disposición de detector absoluta para el registro del patrón luminoso aperiódico transmitido por la graduación de medida absoluta.

- 25 En este sentido, sobre la medida materializada, paralelamente a la graduación de medida absoluta, puede estar dispuesta una graduación de medida adicional en forma de una graduación incremental de cuyo escaneado óptico resulte un patrón luminoso periódico en el plano de detección que se pueda detectar en el lugar por medio de una disposición de detector incremental.

- 30 Además, la graduación incremental puede estar configurada como rejilla de amplitud y, para el escaneado óptico de la graduación incremental, estar dispuesta una rejilla de escaneo entre la graduación incremental y la disposición de detector incremental que esté configurada como rejilla de escaneo de transmisión o rejilla de fases.

Preferentemente, para el periodo de graduación de la graduación incremental y la periodicidad del patrón luminoso resultante en el plano de detección se cumplen las relaciones

35
$$d_1 = d_2 \cdot (u + v) / v$$

$$d_3 = d_2 \cdot (u + v) / u$$

con

- 40 d_1 := periodo de graduación de la graduación incremental
 d_2 := periodo de graduación efectivo de la rejilla de escaneo
 d_3 := periodicidad del patrón luminoso resultante en el plano de detección
 u := distancia entre graduación incremental y rejilla de escaneo
 45 v := distancia entre rejilla de escaneo y plano de detección.

- 50 En el equipo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención se ha revelado como ventajoso que, por medio de las medidas de acuerdo con la invención, se puede garantizar una reproducción particularmente rica en contraste del patrón luminoso en el plano de detección y, por tanto, una buena calidad de las señales que dependen de la posición. En la trayectoria óptica de la reproducción se pueden evitar saltos de índice refractivo entre distintos medios. Resultan menos reflejos no deseados en las superficies límite y, por tanto, dispersión luminosa menos molesta.

- 55 Además, de acuerdo con la invención, por el lado del escaneo se puede realizar una construcción particularmente compacta y resistente a la suciedad, en particular en el escaneo de una graduación de medida de codificación absoluta con ayuda de una disposición de fibra óptica en forma de una placa de fibra óptica.

- 60 Además, resulta una reproducción prácticamente exenta de distorsión del patrón luminoso en el plano de detección, de tal modo que se pueden generar señales de alta precisión dependientes de la posición.

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

Breve descripción de los dibujos

- 65 Muestra

la Figura 1 una representación muy esquemática de un ejemplo de realización del equipo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención en una vista en sección;

la Figura 2 una vista parcial espacial ampliada del equipo óptico de medición de posición de la figura 1;

la Figura 3 otra vista parcial ampliada del equipo de medición de posición de la figura 1 para la explicación del efecto óptico de un medio de espacio intermedio elegido adecuadamente;

la Figura 4 otra vista parcial ampliada del equipo de medición de posición de la figura 1 para la explicación de reglas de dimensionamiento apropiado para la placa de fibra óptica;

la Figura 5 otra vista parcial ampliada del equipo de medición de posición de la figura 1 para la explicación de reglas adicionales de dimensionamiento apropiado para la placa de fibra óptica.

Descripción de las formas de realización

Una vista en sección esquemática de un ejemplo de realización del equipo de medición de posición de acuerdo con la invención se muestra en la figura 1; otros detalles de este dispositivo se representan en las siguientes figuras 2 - 5. Sobre la base de las diferentes figuras, a continuación se explica el ejemplo de realización.

El equipo de medición de posición de acuerdo con la invención sirve para determinar la posición de un primer objeto O1 respecto a un segundo objeto O2 móvil relativamente al respecto a lo largo de al menos una dirección de medición x. Uno de los objetos O1, por ejemplo, un primer componente de máquina, está unido en este sentido con la medida materializada 10, que se extiende a lo largo de la dirección de medición x, del equipo de medición de posición. El otro objeto O2, por ejemplo, un segundo componente de máquina es móvil respecto al primer componente de máquina a lo largo de la dirección de medición x y está unido con la unidad de escaneo 20 del equipo de medición de 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 lineal x, estando orientada la dirección de medición x en la figura 1 perpendicularmente al plano del dibujo.

Con ayuda del equipo de medición de posición de acuerdo con la invención, se pueden generar a partir del escaneo óptico de la medida materializada 10 señales en función de la posición respecto a la posición de los dos objetos O1, O2 móviles entre sí o los correspondientes componentes de máquina y transmitirse a un equipo electrónico conectado (no representando). Como equipo electrónico conectado puede estar previsto, por ejemplo, un control de máquina global que utilice las señales generadas en función de la posición para posicionar los componentes de máquina.

La medida materializada 10 se compone de un sustrato portador transparente, por ejemplo, de vidrio, en cuyo lado superior en el presente ejemplo de realización están dispuestas dos graduaciones de medida 11, 12. Las graduaciones de medida 11, 12 se componen de áreas de graduación 11.1, 11.2 con forma rectangular que se alternan a lo largo de la dirección de medición x, con diferentes características ópticas, como se puede reconocer esto en la figura 2 para la primera graduación de medida 11. En el ejemplo de realización explicado, están previstas áreas de graduación opacas 11.1 -por ejemplo, de cromo- y áreas de graduación translúcidas 11.2 en la graduación de medida 11. Por tanto, en este ejemplo de realización del equipo de medición de posición de acuerdo con la invención, está previsto un escaneo de trasluz de las graduaciones de medida 11, 12.

Como se desprende de la vista de fragmento de la figura 2, la primera graduación de medida 11 presenta un código aperiódico a lo largo de la dirección de medición x, que es apropiado para la determinación de posición absoluta; en lo que sigue, a este respecto se hablará también de una graduación de medida de código absoluto o de una graduación de medida absoluta. El código aperiódico de esta graduación de medida 11 puede estar configurado en este sentido como «pseudo random code» (PRC).

Por lo demás, en el ejemplo de realización representado, está prevista una segunda graduación de medida 12 dispuesta paralelamente a la graduación de medida 11 que está configurada como graduación incremental o graduación de medida incremental y comprende una disposición periódica de diferentes áreas de graduación a lo largo de la dirección de medición x. La graduación de medida incremental 12 está configurada en el presente caso como rejilla de amplitud sobre el sustrato portador y presenta áreas de graduación opacas y áreas de graduación transparente dispuestas alternándose periódicamente, y que también están configuradas con forma rectangular.

Del escaneo óptico de la graduación de medida absoluta, se obtiene en el equipo de medición de posición de acuerdo con la invención una información aproximada de posición absoluta que se compensa con la información incremental de alta resolución obtenida a partir del escaneo óptico de la graduación incremental. En el lado de salida, está disponible, por tanto, una información de posición absoluta con respecto a la posición de los dos objetos O1, O2 o correspondientes señales en función de la posición para su posterior procesamiento.

Por el lado de la unidad de escaneo 20, en el equipo de medición de posición de acuerdo con la invención, están

dispuestos los demás componentes requeridos para el escaneo de trasluz de la medida materializada 10 o de las dos graduaciones de medida 11, 12 y para la generación de las señales en función de la posición. Aquí se inscribe la fuente de luz 21 dispuesta en un lado de la medida materializada 10, por ejemplo, configurada como luz LED (Light Emitting Diode), que emite radiación con una longitud de onda de 850 nm y en este caso se utiliza para el escaneo de las dos graduaciones de medida 11, 12. Dispuesta antes de la fuente de luz 21, en dirección de la extensión de la radiación, está una lente de colimación 22 para colimar el haz de rayos de la fuente de luz 21 emitido en dirección de la medida materializada 10. En el lado contrario de la medida materializada 10, están dispuestos en la unidad de escaneo 20 otros componentes que sirven para el escaneo óptico de las dos graduaciones de medida 11, 12 y para la generación de las señales en función de la posición.

Para el escaneo de la graduación de medida 11 configurada como graduación de medida absoluta, está dispuesta una disposición de fibra óptica 23, así como una disposición de detector 25 en forma de una disposición de detector absoluto en la unidad de escaneo 20, componiéndose esta disposición de detector 25 de una disposición periódica a lo largo de la dirección de medición x de elementos de detector individuales 25.1. La disposición de detector 25 está emplazada sobre un elemento de soporte 27, por ejemplo, sobre una placa o circuito impreso apropiado.

Para el escaneo de la otra graduación de medida 12 configurada como graduación incremental, está prevista en la unidad de escaneo 20 una placa de escaneo 24 con una rejilla de escaneo 28 integrada en ella en forma de una rejilla de escaneo en forma de una rejilla de escaneo de transmisión, así como una disposición de detector 26 adicional, configurada como disposición de detector incremental. La disposición de detector incremental también está emplazada sobre el elemento de soporte 27. Preferentemente, la disposición de detector absoluto y la disposición de detector incremental están integradas en una sensor ASIC que está dispuesto sobre el elemento de soporte 27. En el sensor ASIC ya puede efectuarse un primer procesamiento de las señales registradas antes de que sean transmitidas al equipo electrónico conectado.

Determinantes en el equipo de medición de posición de acuerdo con la invención son, en lo sucesivo, diferentes medidas en relación con el escaneo de la primera graduación de medida 11, que está configurada como graduación de medida absoluta. Estas medidas se explicarán a continuación en detalle. Después, se tratará también el escaneo de la segunda graduación de medida 12 prevista en este ejemplo y configurada como graduación de medida incremental.

Para el escaneo óptico de la graduación de medida 11 de código absoluto se requiere fundamentalmente una transmisión del patrón luminoso resultante de la interacción entre los haces de rayos emitidos por la fuente de luz 21 con la graduación de medida 11 en el plano de detección de la disposición de detector 25. El patrón luminoso resultante, en el escaneo de la graduación de medida 11 configurada como graduación de medida absoluta también es aperiódico debido a su codificación aperiódica. Con d_x se designa a continuación el ancho mínimo de estructura de la graduación de medida aperiódica 11.

La disposición de detector 25 prevista para el escaneo de la graduación de medida 11 de código absoluto está configurada como disposición de detector absoluto y se compone en el presente ejemplo de realización de una disposición periódica a lo largo de la dirección de medición x de elementos de detector 25.1 individuales, como se aprecia esto, por ejemplo, en las representaciones de fragmento de las figuras 3 o 5. En este sentido, los elementos de detector 25.1 están dispuestos en la trama de una periodicidad de detector definida a lo largo de la dirección de medición x, que en lo que sigue se designa con P_{DET} .

Para la transmisión del patrón luminoso en el plano de detección de la disposición de detector 25 sirve en el presente caso la disposición de fibra óptica 23, que está configurada como placa de fibra óptica y se compone de una pluralidad de fibras ópticas 23.1 dispuestas adyacentemente entre sí, como se aprecia esto, por ejemplo, en la figura 2. En la práctica, este tipo de placas de fibra óptica comprenden haces de fibras ópticas 23.1 que están fundidas entre sí y están cortadas y pulidas hasta formar una placa planoparalela. En el mercado, se pueden adquirir placas de fibra óptica de este tipo con el nombre comercial de "Fiber Optic Faceplates", por ejemplo, de la firma SCHOTT AG, Mainz.

Las superficies de entrada de imágenes de las fibras ópticas 23.1 individuales están orientadas en el equipo de medición de posición de acuerdo con la invención hacia la medida materializada 10 o hacia la graduación de medida 11 escaneada, las superficies de salida de imágenes, a la respectiva disposición de detector 25. Como también se desprende de la figura 2, la placa de fibra óptica presenta a lo largo de la dirección z indicada un grosor d_{FP} y posee una sección transversal con forma rectangular, extendiéndose el eje longitudinal rectangular paralelamente a la dirección de medición x.

El grosor d_{FP} de la placa de fibra óptica 23 se selecciona a este respecto preferentemente en el siguiente intervalo:

$$2 \bullet d_x < d_{FP} < d_x / 4 \bullet p \quad (\text{Ec. 1})$$

con

d_{FP} := grosor de la placa de fibra óptica

d_x := periodo de graduación de una graduación de medida periódica o ancho mínimo de estructura de una graduación de medida aperiódica a lo largo de la dirección de medición

5 p := factor de distorsión de la placa de fibra óptica, que se corresponde con el desplazamiento lateral que resulta durante la transmisión del patrón luminoso por medio de la placa de fibra óptica entre superficie de entrada de imagen y superficie de salida de imagen relativamente a la longitud de fibra.

10 Respecto al grosor mínimo d_{FP} de la placa de fibra óptica es ventajoso si se mantiene una determinada distancia mínima entre las estructuras de cromo metálicas de la graduación de medida 11 y los componentes sensibles de la disposición de detector 25 o del correspondiente ASIC. Mediante el mantenimiento de tal distancia mínima, se puede evitar un daño de los componentes cuando las estructuras metálicas de la graduación de medida 11, por ejemplo, se cargan eléctricamente durante el funcionamiento.

15 Con respecto al grosor d_{FP} máximo permitido de la placa de fibra óptica debe tenerse en cuenta que este componente por lo común provoca una distorsión del patrón luminoso transmitido con él tanto mayor cuanto mayor se selecciona su grosor. Tal distorsión resulta de la inevitable torsión y trenzado de las fibras ópticas 23.1 al fabricarse la placa de fibra óptica. Para garantizar, por tanto, una transmisión de un patrón luminoso lo menos distorsionado posible por medio de la placa de fibra óptica, no debería sobrepasarse un determinado grosor d_{FP} máximo permitido de la placa de fibra óptica, que, como se ha indicado anteriormente, está relacionado con el factor de distorsión p de la correspondiente placa de fibra óptica.

20 Con valores típicos de un ancho de estructura mínimo $d_x = 220 \mu\text{m}$ de una graduación de medida 11 que está configurada como pista de código aperiódico, y un factor de distorsión $p = 10 \mu\text{m}/\text{mm}$, resulta, utilizando la ecuación 1 mencionada anteriormente, un intervalo ventajoso para el grosor d_{FP} de la placa de fibra óptica entre $440 \mu\text{m}$ y $5,5 \text{ mm}$. Valores habituales para la longitud l_x de la placa de fibra óptica a lo largo de la dirección de medición x y la longitud l_y de la placa de fibra óptica perpendicularmente al respecto son $l_x = 5 - 10 \text{ mm}$ y $l_y = 1 - 3 \text{ mm}$.

30 Con ayuda de la placa de fibra óptica se efectúa, por tanto, la transmisión del patrón luminoso del lado de entrada preferentemente en la relación de transmisión 1:1 o con la escala de reproducción $A = 1$ en el plano de detección de la disposición de detector 25. En este sentido, en el mayor grado posible no resultan ampliaciones, reducciones o distorsiones del patrón luminoso que se utiliza para la generación de señales en función de la posición.

35 En el ejemplo de realización representado, la placa de fibra óptica solo se utiliza para el escaneo de la graduación de medida 11 de código absoluto o solo para la transmisión del patrón luminoso aperiódico al plano de detección de la disposición de detector 25. Para el escaneo de la graduación de medida incremental 12 sobre la medida materializada, se utiliza en el presente caso un procedimiento de escaneo -que aún se explicará- que no requiere tal placa de fibra óptica. En este punto sea indicado expresamente que la placa de fibra óptica básicamente podría ser utilizada también para el escaneo de una graduación de medida con una graduación incremental periódica. En este caso, la magnitud d_x de la ecuación 1 anterior podría designar, en lugar del ancho de estructura mínimo, el periodo de graduación de la graduación de medida incremental escaneada.

40 Como ventajoso respecto a la disposición de la placa de fibra óptica relativamente a la graduación de medida 11 se mostrado, por lo demás, si la distancia d_{MBE} entre la graduación de medida 11 y la superficie de entrada de imagen de la placa de fibra óptica se selecciona de acuerdo con

45
$$d_{MBE} \leq 200 \mu\text{m} \quad (\text{Ec. 2}).$$

50 Mediante una distancia d_{MBE} lo más pequeña posible se consigue que posibles suciedades presentes en forma de gotas sobre la graduación de medida 11 se reduzcan en su altura y , por tanto, en su efecto perturbador sobre el escaneo óptico. Por ello, debe seleccionarse preferentemente $d_{MBE} \leq 100 \mu\text{m}$ e idealmente $d_{MBE} \leq 50 \mu\text{m}$.

55 Como parámetro de diseño adicional, por el lado de la disposición de fibra óptica 23 o de la placa de fibra óptica, está a disposición además la periodicidad de fibra óptica, es decir, la trama en la que están dispuestas las fibras ópticas 23.1 individuales. En este sentido, considérese en primer lugar solo la periodicidad de la disposición de las fibras ópticas 23.1 a lo largo de la dirección de medición x ; en este contexto se habla a continuación de la primera periodicidad de fibra óptica P_{FPx} . Respecto a la primera periodicidad de fibra óptica P_{FPx} , se ha revelado como ventajoso si esta se selecciona de acuerdo con

$$P_{FPx} \leq P_{DET} \quad (\text{Ec. 3}),$$

60 con

P_{FPx} := primera periodicidad de fibra óptica a lo largo de la dirección de medición x

P_{DET} := periodicidad de detector a lo largo de la dirección de medición x .

65 La primera periodicidad de fibra óptica P_{FPx} a lo largo de la dirección de medición x debería seleccionarse, por tanto, lo más pequeña posible al igual que la periodicidad de detector P_{DET} a lo largo de la dirección de medición x , como

se desprende esto, por ejemplo, de la representación de fragmento de la figura 5. Al cumplirse esta directriz, se garantiza que se efectúe una transmisión buena o rica en contraste de los cantos en el patrón luminoso al plano de detección.

5 La periodicidad de detector P_{DET} que debe seleccionarse depende a este respecto fundamentalmente de qué tipo es la graduación de medida escaneada y, por tanto, el patrón luminoso que debe transmitirse.

Así, por ejemplo, en el caso de una graduación de medida de código absoluto en codificación Manchester, es ventajoso si se utilizan para el escaneo de un bit del correspondiente código Pseudo Random ocho elementos de detector 25.1. En el caso de un ancho de estructura o ancho de bit mínimo d_x , resulta la periodicidad de detector necesaria de acuerdo con $P_{DET} = d_x/8$. Para la primera periodicidad de fibra óptica P_{FPx} se sigue, pues, con ecuación 3, $P_{FPx} \leq d_x/8$. En el caso de una graduación de medida de código absoluto escaneada con un ancho de estructura o ancho de bit mínimo $d_x = 220 \mu\text{m}$, resulta, por tanto, una periodicidad de detector necesaria $P_{DET} = 27,5 \mu\text{m}$; para la primera periodicidad de fibra óptica P_{FPx} se cumple, por tanto, $P_{FPx} \leq 27,5 \mu\text{m}$.

15 Por el contrario, si la disposición de fibra óptica 23 o placa de fibra óptica se utiliza para el escaneo de una graduación de medida incremental y, por tanto, para la transmisión de un patrón luminoso periódico, se sigue, en el ejemplo con cuatro elementos de detector requeridos por periodo d_x del patrón luminoso para la periodicidad de detector, $P_{DET} = d_x/4$. La primera periodicidad de fibra óptica P_{FPx} se obtiene con la ecuación 3 en $P_{FPx} \leq d_x/4$. En el caso de una graduación de medida incremental escaneada con una periodicidad d_x del patrón luminoso de $d_x = 40 \mu\text{m}$ resulta, por tanto, una periodicidad de detector necesaria $P_{DET} = 10 \mu\text{m}$; para la primera periodicidad de fibra óptica P_{FPx} se cumple, por tanto, $P_{FPx} \leq 10 \mu\text{m}$.

25 La placa de fibra óptica posee en el ejemplo de realización representado, como se ha mencionado anteriormente, una sección transversal con forma rectangular. Esto significa que, como parámetro de diseño adicional, este componente tiene a disposición todavía una periodicidad de fibra óptica a lo largo de una dirección y que está orientada perpendicularmente a la dirección de medición x. En lo que sigue, en relación con esta magnitud se hablará de una segunda periodicidad de fibra óptica P_{FPy} . En este sentido, se ha mostrado como fundamentalmente ventajoso si la segunda periodicidad de fibra óptica P_{FPy} se elige idéntica a la primera periodicidad de fibra óptica P_{FPx} , es decir,

$$P_{FPy} = P_{FPx} \quad (\text{Ec. 4})$$

con

35 P_{FPx} := primera periodicidad de fibra óptica a lo largo de la dirección de medición
 P_{FPy} := segunda periodicidad de fibra óptica a lo largo de una dirección perpendicularmente a la dirección de medición.

40 En el equipo de medición de posición de acuerdo con la invención, en la zona entre la superficie de salida de imagen de la placa de fibra óptica y la disposición de detector 25, está dispuesto un medio de espacio intermedio 29, como se aprecia esto, en particular, en las representaciones de fragmento de las figuras 3 y 5. A través del medio de espacio intermedio 29, se asegura a este respecto en particular que los haces de rayos procedentes de la superficie de salida de imagen de la placa de fibra óptica en su trayectoria hacia la disposición de detector 25 sufran una menor deflexión que en el caso sin un medio de espacio intermedio. Este contexto se ilustra en la vista de fragmento de la figura 3, que muestra el final del lado de salida de imagen de una fibra óptica individual 23.1 de la placa de fibra óptica 23, el medio de espacio intermedio 29 y la disposición de detector 25 con los elementos de detector individuales 25.1 sensibles a la luz. Como se desprende de esta representación, para el haz de rayos que entra desde arriba en el medio de espacio intermedio 29, resulta solo una reducida deflexión de la dirección de radiación original (rayo de trazo continuo). Con línea discontinua se representa a la izquierda del haz de rayos solo escasamente desviado el caso tal y como sería si, en la zona entre la superficie de salida de imagen y la disposición de detector 25, no estuviera dispuesto ningún medio de espacio intermedio, del que, por tanto, resultaría una clara deflexión del haz de rayos en esta zona. Una deflexión de este tipo provocaría que el haz de rayos no caería sobre el elemento de detector 25.1 indicado con el número 3, sino sobre el elemento de detector 25.1 con el número 2, que se encuentra a la izquierda del anterior. Para la transmisión del patrón luminoso, esto tendría como consecuencia que la imagen de patrón luminoso registrada por medio de la disposición de detector 25 tendría claramente menos contraste y, por tanto, resultaría una peor calidad de señal en el escaneo de la correspondiente graduación de medida 11.

60 El llenado de la zona entre la superficie de salida de imagen de la disposición de fibra óptica 23 en la forma de la placa de fibra óptica y la disposición de detector 25 con un medio de espacio intermedio apropiado tiene el efecto positivo adicional de que, con ello, se puede reducir el número de saltos de índice refractivo en esta zona. De esta manera, resultan menos reflejos en superficies límite y, por tanto, también una menor dispersión luminosa; por lo demás, pueden suprimirse capas reflectantes laboriosas, de lo contrario, necesarias.

65 Como medio de espacio intermedio 29 entra en consideración preferentemente un material transparente cuyo índice

refractivo n_{ZM} se sitúe en el intervalo $1,3 < n_{ZM} < 2,3$. Básicamente, en la selección de un material apropiado para el medio de espacio intermedio 29 se intenta elegir un material cuyo índice refractivo esté lo mejor adaptado posible al índice refractivo n_{FK} del núcleo de fibra de la fibras ópticas 23.1 de la placa de fibra óptica y al índice refractivo n_{DET} de la disposición de detector 25. Reflejos particularmente reducidos se obtienen, por ejemplo, si se selecciona

5

$$n_{ZM} = \sqrt{n_{FK} \cdot n_{DET}} \quad (\text{Ec. 5}),$$

con

- 10 n_{ZM} := índice refractivo del medio de espacio intermedio
 n_{FK} := índice refractivo del núcleo de fibra
 n_{DET} := índice refractivo de la disposición de detector

15 Apropiado para ello es, por ejemplo, un material adhesivo que posea un índice refractivo n_{ZM} en el intervalo apropiado. Si se utiliza un material adhesivo como medio de espacio intermedio 29, con ello también se fija la placa de fibra óptica respecto a la disposición de detector 25.

Con respecto al grosor d_{ZM} del medio de espacio intermedio 29, se ha demostrado ventajoso si este grosor d_{ZM} se selecciona en el intervalo

20

$$5 \mu\text{m} < d_{ZM} < 100 \mu\text{m} \quad (\text{Ec. 6}).$$

25 El grosor máximo d_{ZM} del medio de espacio intermedio 29 está limitado por la interferencia óptica de una fibra óptica 23.1 en elementos de detector 25.1 adyacentes de la disposición de detector 25. Con ayuda de la siguiente consideración, se puede estimar el grosor máximo d_{ZM} del medio de espacio intermedio 29 evitando una interferencia de este tipo. Así, se parte de que la luz entrante no incide perpendicularmente sobre la superficie de entrada de imagen de una fibra óptica 23.1, sino con un ángulo de incidencia γ y que está dado por la anchura w de la fuente de luz 21 utilizada y la longitud focal f de la lente de colimación 22 de acuerdo con $w/2f$. El índice refractivo n_{ZM} del medio de espacio intermedio 29 está ajustado, además, al índice refractivo n_{FK} del núcleo de fibra. La luz saliente de la superficie de salida de imagen incide entonces bajo un ángulo de reflexión $\gamma' = w/2f$ sobre la disposición de detector 25, resultando un desplazamiento lateral x_d respecto a la incidencia perpendicular sobre la disposición de detector 25. Mediante la selección adecuada del grosor d_{ZM} del medio de espacio intermedio 29 se intenta mantener lo más reducido posible el desplazamiento x_d . Si se requiere, además, una transmisión de luz $x_d \leq P_{DET}$ rica en contraste y se cumple $x_d = \gamma' \cdot d_{ZM}$, se obtiene para el grosor d_{ZM} del medio de espacio intermedio 29 la siguiente relación:

35

$$d_{ZM} \leq \frac{1}{\arcsen\left(\frac{1}{n_{FK}} \cdot \sin \gamma\right)} \cdot \frac{P_{DET}}{10} \quad (\text{Ec. 7})$$

40 con

- d_{ZM} := grosor del medio de espacio intermedio
 n_{FK} := índice refractivo del núcleo de fibra
 γ := ángulo de incidencia sobre la superficie de entrada de imagen
 P_{DET} := periodicidad de detector a lo largo de la dirección de medición x

45

El ángulo de incidencia sobre la superficie de entrada de imagen o la magnitud γ puede variar a este respecto en función de las condiciones del sistema. Así, por ejemplo, γ puede ser el ángulo máximo de divergencia y, por tanto, estar dado de acuerdo con $\gamma = w/2f$. Si, con la ayuda de la placa de fibra óptica, deben ser transmitido patrones luminosos muy precisos, es decir, por ejemplo, una graduación incremental, debido a la difracción en las finas estructuras de rejilla, se obtiene la magnitud γ de acuerdo con $\gamma = \lambda/d_x$; en este sentido, λ designa la longitud de onda de luz y d_x , el periodo de graduación de la graduación incremental. Además, γ también puede ser el ángulo de incidencia de la luz colimada y, por tanto, corresponderse con el ángulo de iluminación.

50

55 Con los parámetros típicos seleccionados $w = 0,3 \text{ mm}$, $f = 6,5 \text{ mm}$, $n_{FK} = 1,8$ y $P_{DET} = 27,5 \mu\text{m}$, con iluminación perpendicular sobre el plano de la medida materializada ($\gamma = w/2f$), se obtiene por medio de la ecuación 7 un grosor máximo d_{ZM} del medio de espacio intermedio 29 de acuerdo con $d_{ZM} \leq 215 \mu\text{m}$. Ventajosamente, se selecciona en consecuencia $d_{ZM} \leq 200 \mu\text{m}$, de manera ideal, como se ha indicado en la ecuación 6, $d_{ZM} \leq 100 \mu\text{m}$.

60

El grosor mínimo d_{ZM} del medio de espacio intermedio 29 es limitado por las tensiones mecánicas que se generan, que, en caso de pequeños grosores d_{ZM} del medio de espacio intermedio 29, aumentan claramente entre la placa de

fibra óptica y la disposición de detector 25. Tales tensiones mecánicas se dan en esta zona debido a los diferentes coeficientes de dilatación térmica entre los diferentes materiales, es decir, por lo común, entre silicio (disposición de detector 25) y vidrio (placa de fibra óptica). El grosor del medio de espacio intermedio 29 debería seleccionarse, por tanto, de tal modo que las tensiones mecánicas entre disposición de detector 25 y placa de fibra óptica sean limitadas por medio de la escasa rigidez del medio de espacio intermedio 29 para excluir la posibilidad de un daño en esta zona.

Como se ha mencionado anteriormente, en el ejemplo de realización representado del equipo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención, junto al escaneo de una graduación de medida 11 de código absoluto, también está previsto un escaneo de una graduación de medida incremental 12. Por medio del escaneo incremental, se generan informaciones de posición de alta resolución respecto a un movimiento relativo de los dos objetos móviles entre sí O1, O2 a lo largo de la dirección de medición x, que después son compensadas con las informaciones de posición de menor resolución del escaneo de la graduación de medida absoluta. La graduación de medida incremental 12 está configurada en este sentido como rejilla de amplitud y se compone de un disposición periódica a lo largo de la dirección de medición x de áreas de graduación transparentes y opacas. La periodicidad o periodo de graduación de la graduación de medida incremental 12 se designa en lo que sigue con d_1 .

Como se desprende de la figura 1, para el escaneo de la graduación de medida incremental 12 está prevista en la unidad de escaneo 20, además, una placa de escaneo 24 con una rejilla de escaneo 28 integrada en ella en forma de una rejilla de escaneo de transmisión con un periodo de graduación d_2 , así como otra disposición de detector 26, configurada como disposición de detector incremental. De la interacción de los rayos de luz que atraviesan la graduación de medida 12 con la rejilla de escaneo 28, resulta en el plano de detección de la disposición de detector 26 un patrón luminoso periódico con la periodicidad d_3 que es registrado allí por medio de una disposición periódica de elementos de detector. La disposición de detector 26 para la generación de la señal incremental está configurada en este sentido como denominado fotodetector estructurado que comprende una pluralidad de elementos de detector dispuestos periódicamente a lo largo de la dirección de medición x.

Para las diferentes magnitudes geométricas de este escaneo se cumplen las siguientes relaciones para el caso de una rejilla de escaneo de transmisión en forma de una rejilla de amplitud o una rejilla de fase con una desviación de fase de aproximadamente 90° :

$$d_1 = d_2 \cdot (u + v) / v \quad (\text{Ec.8.1})$$

$$d_3 = d_2 \cdot (u + v) / u \quad (\text{Ec. 8.2})$$

con

- d_1 := periodo de graduación de la graduación incremental
- d_2 := periodo de graduación efectivo de la rejilla de escaneo
- d_3 := periodicidad del patrón luminoso resultante en el plano de detección
- u := distancia entre graduación incremental y rejilla de escaneo
- v := distancia entre rejilla de escaneo y plano de detección.

Si se utiliza una rejilla de escaneo de transmisión en forma de una rejilla de fase con desviación de fase de 180° , en la ecuación 8.2 el periodo de graduación d_2 representa el periodo de graduación efectivo que viene dado por $d_2 = 2 \cdot d_{2P}$, indicando d_{2P} el periodo de graduación efectivo de la rejilla de fase.

Respecto al principio de escaneo utilizado para la generación de señal incremental, se remite también a la publicación de R. Pettigrew con el título «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.

Junto con el ejemplo de realización concretamente descrito, existen por supuesto en el marco de la presente invención otras posibilidades de diseño.

Así, por ejemplo, no es forzosamente necesario que la medida materializada escaneada presente dos graduaciones de medida, por ejemplo, también puede estar dispuesta únicamente una graduación de medida en una correspondiente pista sobre un sustrato portador, por ejemplo, una única graduación de medida de código absoluto.

También es posible combinar una graduación de medida incremental y una graduación de medida de código absoluto en una graduación de medida conjunta suprimiendo, por ejemplo, áreas de graduación individuales de la graduación de medida incremental para así estampar una codificación absoluta.

Además, lógicamente se pueden configurar no solo equipos de medición de posición para la detección de movimientos relativos lineales de acuerdo con la invención, también pueden optimizarse correspondientemente equipos de medición de posición para la detección de movimientos relativos rotatorios.

Además, la graduación de medida escaneada también puede estar configurada como una rejilla de fase cuya desviación de base sea de 90° o de 180° .

Además, es posible que se emplee una placa de fibra óptica que absorba y suprima aquellas partes de luz que no son conducidas a las fibras ópticas individuales. Tales partes de luz no deseadas pueden aparecer en el caso de una entrada de luz inevitable entre las fibras ópticas o también en el caso de rayos de luz muy inclinados que no se sitúan dentro de la apertura numérica de las fibras ópticas. Una absorción de este tipo de partes de luz no deseadas puede asegurar por medio de un medio de cristal absorbente entre las fibras ópticas que absorba luz que no contribuya a la generación de señales. Así puede suprimirse particularmente bien una dispersión luminosa perturbadora.

REIVINDICACIONES

1. Equipo óptico de medición de posición para establecer la posición de un primer objeto (O1) respecto a un segundo objeto (O2) móvil relativamente al respecto a lo largo de al menos una dirección de medición (x) con

- 5 - una medida materializada (10) que se extiende a lo largo de la dirección de medición (x) que está unida con el primer objeto (O1) y comprende al menos una graduación de medida (11) que se compone de áreas de graduación (11.1, 11.2), dispuestas alternadamente a lo largo de la dirección de medición (x), con diferentes características ópticas, y
- 10 - una unidad de escaneo (20) que está unida con el segundo objeto (O2) y comprende al menos una fuente de luz (21), una disposición de detector (25), así como al menos una disposición de fibra óptica (23) que se compone de una pluralidad de fibras ópticas (23.1) dispuestas adyacentemente entre sí cuyas superficies de entrada de imágenes están orientadas hacia la medida materializada (10) y cuyas superficies de salida de imágenes están orientadas a la disposición de detector (25),
- 15 - resultando de la interacción entre los haces de rayos emitidos por la fuente de luz (21) con la graduación de medida (11) un patrón luminoso y transmitiendo la disposición de fibra óptica (23) el patrón luminoso a un plano de detección de la disposición de detector (25),

caracterizado por que

20 la disposición de fibra óptica (23) está configurada como placa de fibra óptica y entre la superficie de salida de imagen de la placa de fibra óptica y la disposición de detector (25) está dispuesto un medio de espacio intermedio (29) que asegura que los haces de rayos procedentes de la superficie de salida de imagen en su trayectoria hacia la disposición de detector (25) sufran una deflexión menor de lo que sería en el caso sin un medio de espacio intermedio (29).

25 2. Equipo óptico de medición de posición según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el medio de espacio intermedio (29) presenta un índice refractivo (n_{ZM}) en el intervalo

$$1,3 < n_{ZM} < 2,3$$

con n_{ZM} := índice refractivo del medio de espacio intermedio.

35 3. Equipo óptico de medición de posición según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** el grosor (d_{ZM}) del medio de espacio intermedio (29) se sitúa en el intervalo de

$$5 \mu\text{m} < d_{ZM} < 100 \mu\text{m}$$

40 con d_{ZM} := grosor del medio de espacio intermedio.

4. Equipo óptico de medición de posición según al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** está previsto un material adhesivo como medio de espacio intermedio (29).

45 5. Equipo óptico de medición de posición según al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el grosor (d_{FP}) de la placa de fibra óptica se sitúa en el intervalo

$$2 \bullet d_x < d_{FP} < d_x / 4 \bullet \rho,$$

50 con

d_{FP} := grosor de la placa de fibra óptica

d_x := periodo de graduación de una graduación de medida periódica o ancho mínimo de estructura de una graduación de medida aperiódica a lo largo de la dirección de medición

55 ρ := factor de distorsión de la placa de fibra óptica que se corresponde con el desplazamiento lateral que resulta durante la transmisión del patrón luminoso por medio de la placa de fibra óptica entre superficie de entrada de imagen y superficie de salida de imagen relativamente a la longitud de fibra.

60 6. Equipo óptico de medición de posición según al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que**

- la disposición de detector (25) se compone de una disposición periódica a lo largo de la dirección de medición (x) de elementos de detector (25.1) individuales en la trama de una periodicidad de detector (P_{DET}) definida y

65 - las fibras ópticas (23.1) están dispuestas en la placa de fibra óptica a lo largo de la dirección de medición (x) en una trama periódica con una primera periodicidad de fibra óptica (P_{FPx}), para la que se cumple

$$P_{FPX} \leq P_{DET}$$

con

- 5 P_{FPX} := primera periodicidad de fibra óptica a lo largo de la dirección de medición x
 P_{DET} := periodicidad de detector a lo largo de la dirección de medición x.

7. Equipo óptico de medición de posición según la reivindicación 6, **caracterizado por que** las fibras ópticas (23.1) en la placa de fibra óptica están dispuestas a lo largo de una dirección (y) perpendicularmente a la dirección de medición (x) en una trama periódica con una segunda periodicidad de fibra óptica (P_{FPY}) para la que se cumple

$$P_{FPY} = P_{FPX}$$

con

- 15 P_{FPX} := primera periodicidad de fibra óptica a lo largo de la dirección de medición
 P_{FPY} := segunda periodicidad de fibra óptica a lo largo de una dirección perpendicularmente a la dirección de medición

8. Equipo óptico de medición de posición según al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** para la distancia (d_{MBE}) entre la graduación de medida (11) y la superficie de entrada de imagen de la placa de fibra óptica se cumple

$$d_{MBE} \leq 200 \mu\text{m}$$

25

con d_{MBE} := distancia entre la graduación de medida y la superficie de entrada de imagen.

9. Equipo óptico de medición de posición según al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la placa de fibra óptica presenta una sección transversal con forma rectangular, extendiéndose el eje longitudinal rectangular paralelamente a la dirección de medición (x).

10. Equipo óptico de medición de posición según al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** en la placa de fibra óptica entre las fibras ópticas está dispuesto un medio de cristal que absorba luz que no contribuya a la generación de señales.

11. Equipo óptico de medición de posición según al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la graduación de medida (11) está configurada como graduación de medida absoluta que presenta un código aperiódico para la determinación de posición absoluta y la disposición de detector (25) está configurada como disposición de detector absoluta para el registro del patrón luminoso aperiódico transmitido por la graduación de medida absoluta.

12. Equipo óptico de medición de posición según la reivindicación 11, **caracterizado por que** sobre la medida materializada (10), paralelamente a la graduación de medida absoluta, está dispuesta una graduación de medida adicional (12) en forma de una graduación incremental de cuyo escaneado óptico resulte un patrón luminoso periódico en el plano de detección que se puede detectar en el lugar por medio de una disposición de detector incremental (26).

13. Equipo óptico de medición de posición según la reivindicación 11, **caracterizado por que** la graduación incremental está configurada como rejilla de amplitud y, para el escaneado óptico de la graduación incremental, está dispuesta una rejilla de escaneo (28) entre la graduación incremental y la disposición de detector incremental (26) que está configurada como rejilla de escaneo de transmisión o rejilla de fases.

14. Equipo óptico de medición de posición según la reivindicación 13, **caracterizado por que** para el periodo de graduación (d_1) de la graduación incremental y la periodicidad (d_3) del patrón luminoso resultante en el plano de detección se cumplen las relaciones

$$d_1 = d_2 \bullet (u + v) / v$$

60

$$d_3 = d_2 \bullet (u + v) / u$$

con

- 65 d_1 := periodo de graduación de la graduación incremental
 d_2 := periodo de graduación efectivo de la rejilla de escaneo
 d_3 := periodicidad del patrón luminoso resultante en el plano de detección

u := distancia entre graduación incremental y rejilla de escaneo
v := distancia entre rejilla de escaneo y plano de detección.

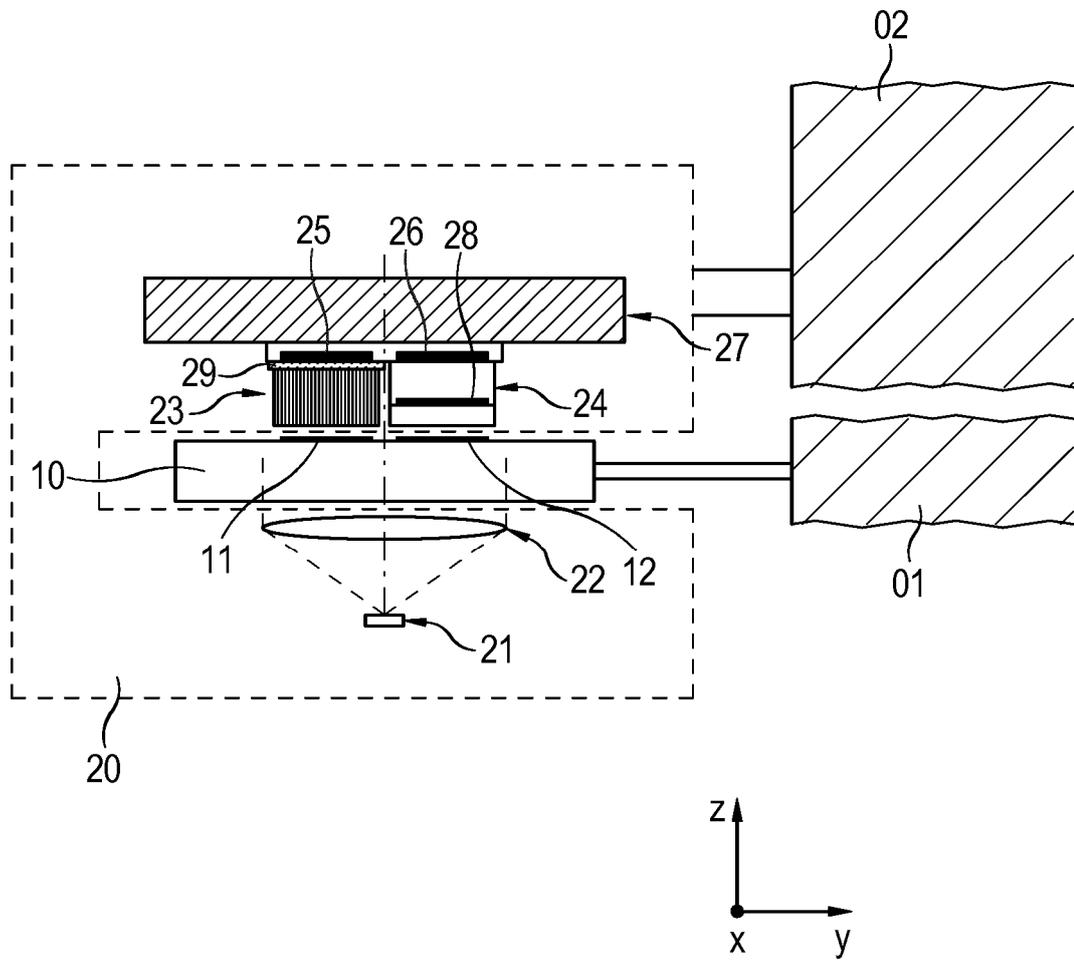


Fig. 1

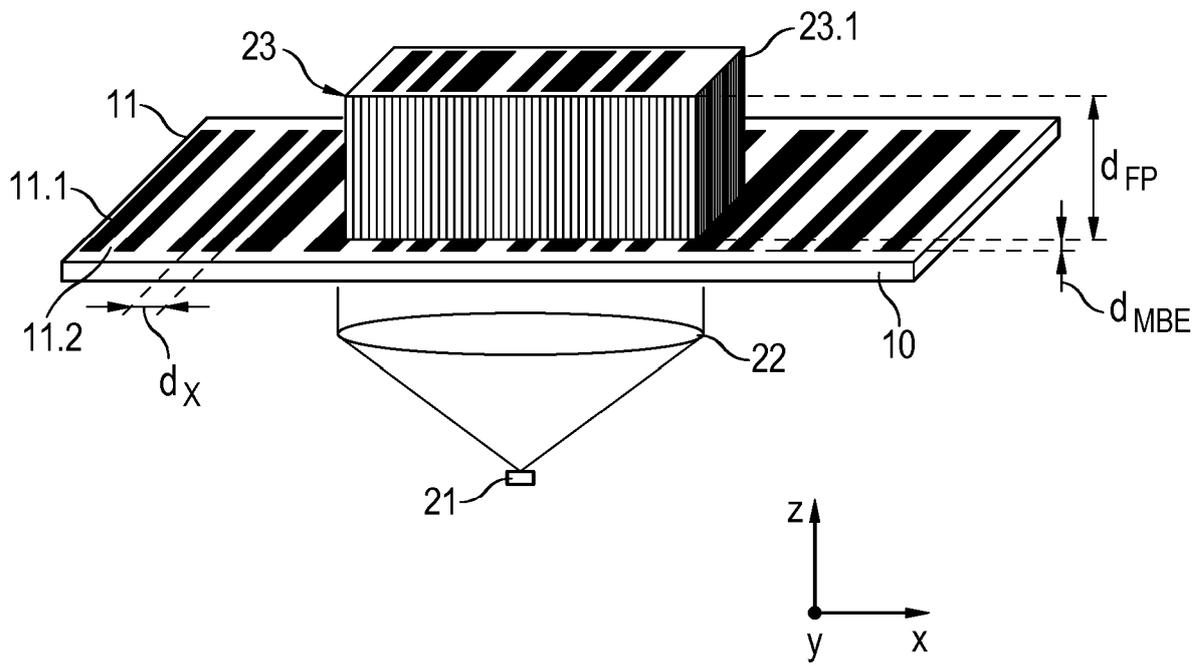


Fig. 2

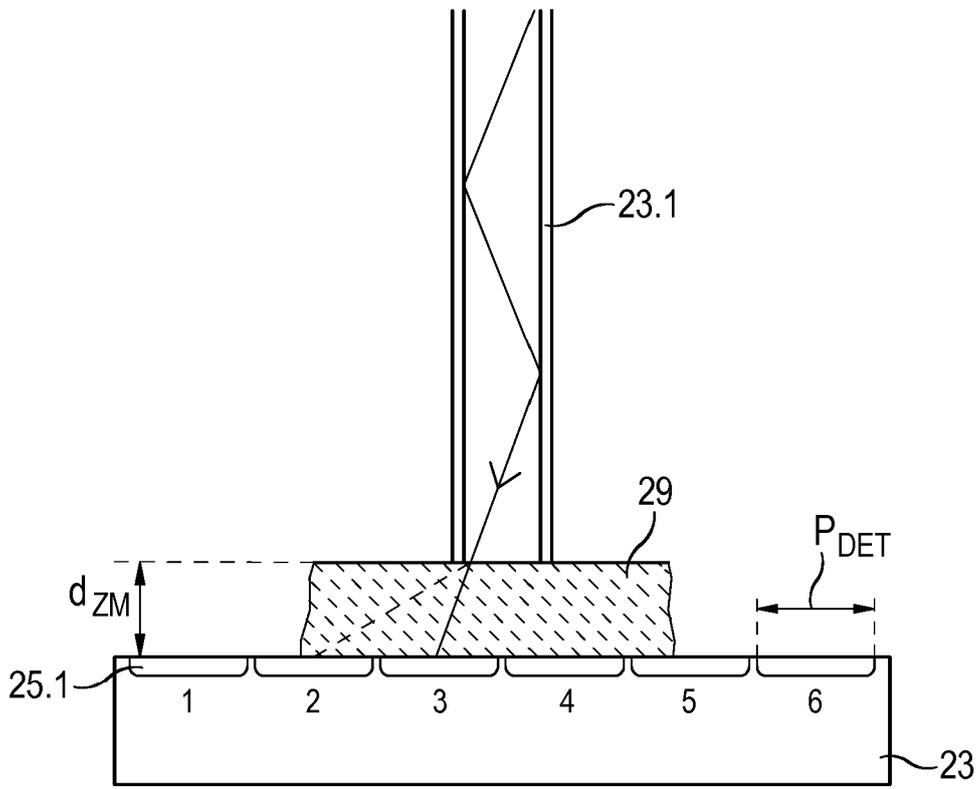


Fig. 3

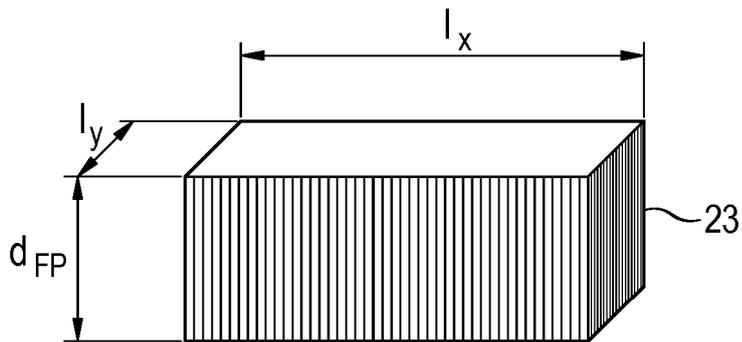


Fig. 4

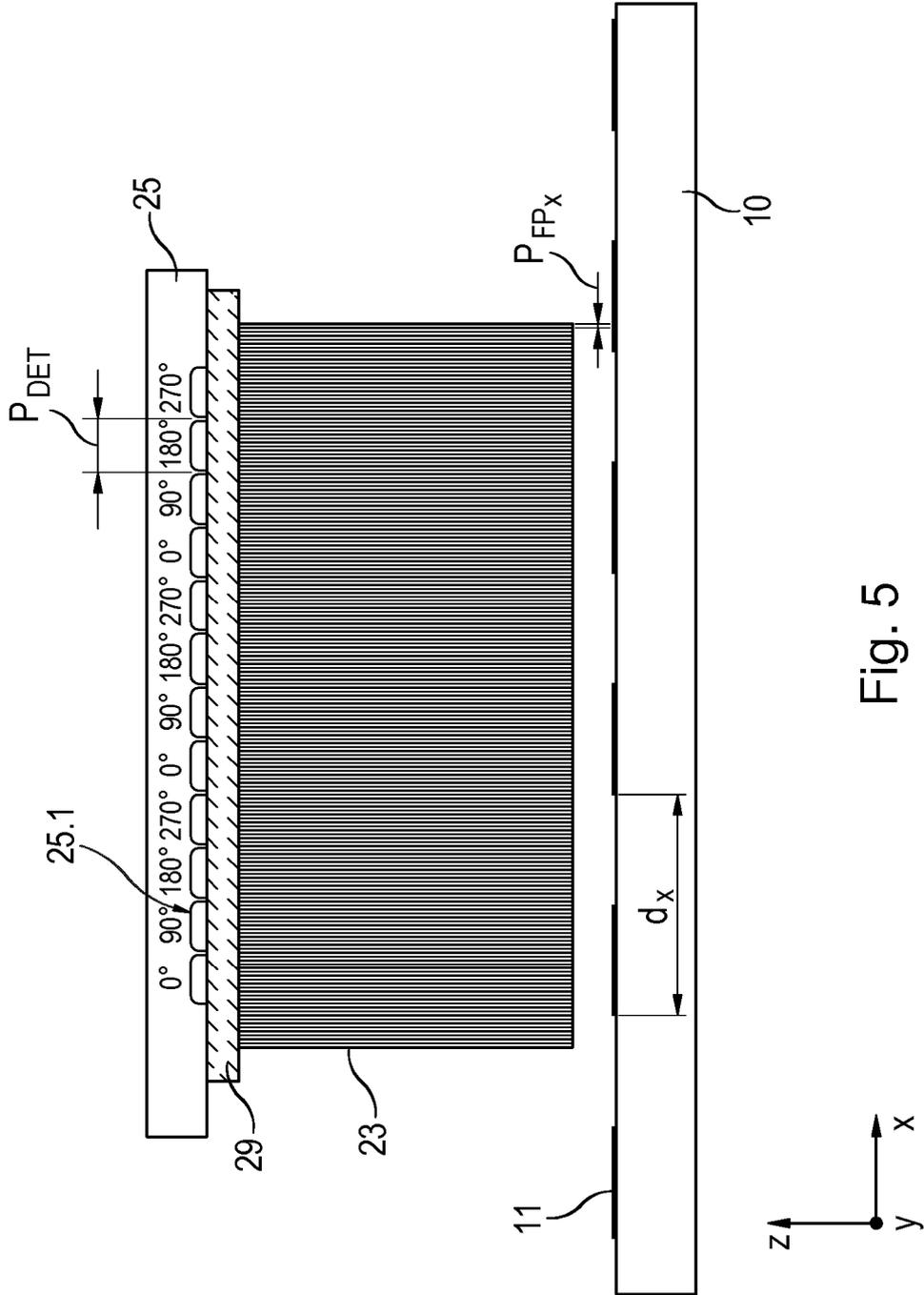


Fig. 5