

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 958 938**

51 Int. Cl.:

G01D 5/244 (2006.01)

G01D 5/347 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2020** **E 20192999 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2023** **EP 3961159**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
16.02.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MITTERLEITNER, JOSEF y
BECKER, THOMAS

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 958 938 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 de medición de posición

5 Campo de la técnica

La presente invención se refiere a un equipo de medición de posición según el preámbulo de la reivindicación 1.

Estado de la técnica

10 El documento WO 2009/103743 A1 divulga una mesa XY con una disposición de medición para la determinación de la posición, con una pieza de referencia estacionaria y una pieza intermedia que se mantiene desplazable con respecto a la pieza de referencia en una primera dirección, con un objeto que se mantiene desplazable con respecto a la pieza intermedia en una segunda dirección, en donde una pieza que se va a mecanizar está dispuesta sobre el
15 objeto o la pieza de referencia, así como, para la primera dirección, con al menos un codificador 1Dplus para medir los grados de libertad en el plano entre la pieza de referencia y la pieza intermedia y, para la segunda dirección, con al menos un codificador 1Dplus para medir los grados de libertad en el plano entre el objeto y la pieza intermedia, de modo que pueda detectarse la posición de un punto central de la herramienta (TCP) en el objeto o en la pieza. A este respecto, los codificadores 1Dplus están dispuestos estructuralmente de tal manera que su proyección en el
20 plano abarcado por la primera y la segunda dirección, que contiene el punto central de la herramienta (TCP), se sitúa fuera de la pieza en todo el rango de desplazamiento de la mesa XY. Esto permite cumplir la condición de Abbe y, por tanto, la detección precisa del punto central de la herramienta (TCP) en el objeto con simples codificadores 1Dplus.

25 Un codificador 1Dplus (figura 5) conocido por el documento WO 2009/103743 A1 comprende tres ubicaciones de exploración (puntos de exploración) para medir los grados de libertad X, Y, RZ. El codificador 1Dplus tiene una regla graduada y un soporte de exploración dispuesto de forma móvil con respecto a la regla graduada. El soporte de exploración comprende tres cabezales de exploración (unidades de exploración) para implementar las tres
30 ubicaciones de muestreo. Se pueden determinar valores de posición en los grados de libertad X, Y, RZ a partir de valores de medición en las distintas ubicaciones de exploración mediante correspondientes ecuaciones de transformación.

Una desventaja del codificador 1Dplus conocido por el documento WO 2009/103743 A1 es su sensibilidad frente a dilataciones térmicas de la regla graduada y/o del soporte de exploración. Esto se debe a que con este codificador
35 1Dplus no es posible alcanzar un punto térmicamente neutro. Se producen movimientos relativos entre las ubicaciones de exploración individuales debido a un coeficiente de dilatación lineal del soporte de exploración, en particular también en caso de cambios de temperatura homogéneos. Estos movimientos relativos conducen a cambios en las salidas de posición en las distintas ubicaciones de exploración y, con ello, tras aplicar las ecuaciones de transformación correspondientes, a desviaciones de posición no deseadas en los grados de libertad X, Y, RZ.
40 Asimismo, las dilataciones térmicas de la regla graduada provocan cambios en las salidas de posición en las ubicaciones de exploración individuales, lo que conduce a su vez a desviaciones de posición no deseadas en los grados de libertad X, Y, RZ.

45 DE 10 2013 013718 A1 divulga un equipo de medición de posición según el preámbulo de la reivindicación 1.

Otros equipos de medición de posición con varias graduaciones de medición y varias unidades de exploración para realizar un barrido de las graduaciones de medición se conocen por los documentos DE 43 06 634 A1 y EP 2 187 179 A1.

50 El documento US 2016/231143 A1 divulga un equipo de medición de posición con una regla graduada y un cabezal de exploración. La regla graduada comprende una graduación incremental y al menos una marca de referencia.

Sumario de la invención

55 La presente invención se basa en el objetivo de especificar un equipo de medición de la posición, con el que sea posible una medición precisa de la posición en una dirección de medición principal y en otros dos grados de libertad.

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

60 El equipo de medición de posición configurado de acuerdo con la invención comprende una regla graduada que presenta una primera graduación de medición y una segunda graduación de medición, una primera unidad de exploración asociada a la primera graduación de medición para realizar una exploración de la primera graduación de medición, una segunda unidad de exploración asociada a la segunda graduación de medición graduación para
65 realizar una exploración de la segunda graduación de medición y una tercera unidad de exploración asociada a la segunda graduación de medición para realizar una exploración de la segunda graduación de medición. La primera

graduación de medición comprende una secuencia de estructuras de graduación, cada una de las cuales se extiende en paralelo a una primera dirección. La segunda graduación de medición comprende una secuencia de estructuras de graduación, cada una de las cuales se extiende en paralelo a una segunda dirección. La primera y la segunda dirección discurren en cada caso en un ángulo distinto de 0° con respecto a un eje longitudinal de la regla graduada. El equipo de medición de posición presenta una cuarta unidad de exploración asociada a la primera o a la segunda graduación de medición para realizar una exploración de la primera o de la segunda graduación de medición. Si la cuarta unidad de exploración está asociada a la primera graduación de medición para realizar una exploración de la primera graduación de medición, una primera recta de unión, que discurre por ubicaciones de exploración de la primera y la cuarta unidad de exploración, y una segunda recta de unión, que discurre por ubicaciones de exploración de la segunda y la tercera unidad de exploración, forman un ángulo predeterminado entre sí. El ángulo predeterminado es desigual a una suma del ángulo de la primera dirección y el ángulo de la segunda dirección. Si la cuarta unidad de exploración está asociada a la segunda graduación de medición para realizar una exploración de la segunda graduación de medición, las ubicaciones de exploración de las unidades de exploración segunda a cuarta no se sitúan en una recta de unión común y una distancia perpendicular de la ubicación de exploración de la cuarta unidad de exploración respecto de una recta de unión que discurre por ubicaciones de exploración de la segunda y la tercera unidad de exploración, es mayor que 1 mm.

Es ventajoso que el equipo de medición de posición presente un soporte de exploración dispuesto de manera móvil con respecto a la regla graduada para soportar las unidades de exploración primera a cuarta.

Además, es ventajoso que la primera y la segunda graduación de medición y las unidades de exploración primera a cuarta estén dispuestas y diseñadas de tal manera que se pueda determinar una posición del soporte de exploración con respecto a la regla graduada en una primera dirección de medición (dirección de medición principal) y en dos grados de libertad más.

El equipo de medición de posición se usa preferiblemente para medir la posición en grados de libertad en el plano (es decir, grados de libertad X, Y, RZ).

Preferiblemente, las estructuras de graduación de la primera graduación de medición y las estructuras de graduación de la segunda graduación de medición están dispuestas periódicamente en cada caso a lo largo de una primera dirección de medición (dirección de medición principal).

La primera graduación de medición y la segunda graduación de medición son en particular graduaciones incrementales.

En particular, las estructuras de graduación de la primera graduación de medición y las estructuras de graduación de la segunda graduación de medición comprenden en cada caso rayas de graduación. Las rayas de graduación pueden tener la misma anchura a lo largo de su recorrido y pueden ser continuas. Alternativamente, las rayas de graduación también pueden estar interrumpidas o moduladas en anchura a lo largo de su recorrido.

En lugar de graduaciones incrementales, la primera y la segunda graduación de medición también pueden ser graduaciones absolutas, configuradas por ejemplo como código pseudoaleatorio.

La invención consigue una medición de posición térmicamente invariable en los grados de libertad X, Y, RZ mediante una (cuarta) ubicación de exploración adicional. Para ello, las estructuras de graduación de la primera graduación de medición y las estructuras de graduación de la segunda graduación de medición están inclinadas en cada caso con respecto a la dirección de medición principal. Esto tiene la ventaja de que en caso de un movimiento relativo entre la regla graduada y el soporte de exploración en la dirección de medición principal, siempre se producen cambios de posición en las cuatro ubicaciones de exploración. Por un lado, esto hace posible implementar una compensación de señal para todas las ubicaciones de exploración (es decir, las ubicaciones de exploración de las unidades de exploración primera a cuarta) con el fin de aumentar la precisión. Además, por otro lado, esto también permite disponer y detectar marcas de referencia para ambas graduaciones de medición (es decir, la primera y la segunda graduación de medición), incluso aunque no haya ningún movimiento transversal, es decir, un movimiento relativo en una (segunda) dirección de medición adicional, que discurre en perpendicular a la dirección de medición principal. Por tanto, se puede establecer una referencia absoluta para los tres grados de libertad en el plano X, Y, RZ.

La invención permite así implementar una medición de posición térmicamente invariable en los grados de libertad X, Y, RZ y al mismo tiempo una compensación de señal y la provisión de marcas de referencia para ambas graduaciones de medición con el fin de generar una referencia absoluta.

Configuraciones ventajosas de la invención se pueden encontrar en las reivindicaciones dependientes.

Se explican más particularidades y ventajas de la presente invención con ayuda de la siguiente descripción de posibles configuraciones de la invención en relación con las figuras.

Breve descripción de los dibujos**Muestran**

- 5 la Figura 1 un equipo de medición de posición conocido en el estado de la técnica;
- la Figura 2 un equipo de medición de posición de acuerdo con un primer ejemplo de realización;
- 10 la Figura 3 un equipo de medición de posición no diseñado de acuerdo con la invención para ilustrar un contraejemplo; y
- la Figura 4 un equipo de medición de posición de acuerdo con un segundo ejemplo de realización.

Descripción de las formas de realización

- 15 Elementos idénticos o funcionalmente idénticos están provistos en las figuras de las mismas referencias.

La figura 1 muestra un equipo de medición de posición conocido en el estado de la técnica. A continuación se explican un primer y un segundo ejemplo de realización con ayuda de las figuras 2 y 4. Un contraejemplo (ejemplo negativo) se explica en la figura 3. El equipo de medición de posición según el primer y el segundo ejemplo de realización sirve para medir la posición relativa de dos objetos que se pueden mover uno respecto a otro en una primera dirección de medición X y en otros dos grados de libertad Y, RZ. El grado de libertad X es un grado de libertad lineal y corresponde a la primera dirección de medición X. El grado de libertad Y es un grado de libertad lineal y corresponde a una segunda dirección de medición Y que discurre en perpendicular a la primera dirección de medición X. El grado de libertad RZ es un grado de libertad rotacional alrededor del eje lineal Z. La primera dirección de medición X es la dirección de medición principal, y los otros dos grados de libertad Y, RZ son desviaciones en la posición X respectiva que pueden medirse con el equipo de medición de posición según el primer y el segundo ejemplo de realización.

30 El equipo de medición de posición según la figura 1 comprende una regla graduada 10 que está dispuesta sobre un cuerpo de base 1 (por ejemplo, una pieza de referencia estacionaria). Además, el equipo de medición de posición según la figura 1 comprende un soporte de exploración 2, dispuesto de manera móvil con respecto a la regla graduada 10, para soportar unidades de exploración primera a cuarta 14.1 a 14.4. Las unidades de exploración primera a cuarta 14.1 a 14.4 están dispuestas en una parte inferior del soporte de exploración 2. El soporte de exploración 2 se puede mover al menos en los grados de libertad X, Y, RZ y se puede fijar a un objeto que se va a medir.

Como se muestra en la figura 1, la regla graduada 10 comprende una primera graduación de medición 12.1 y una segunda graduación de medición 12.2. La primera unidad de exploración 14.1 está asociada a la primera graduación de medición 12.1 y sirve para realizar una exploración de la primera graduación de medición 12.1. La segunda unidad de exploración 14.2 está asociada a la segunda graduación de medición 12.2 y sirve para realizar una exploración de la segunda graduación de medición 12.2. La tercera unidad de exploración 14.3 está asociada a la segunda graduación de medición 12.2 y sirve para realizar una exploración de la segunda graduación de medición 12.2. Además, en la figura 1 se muestra que la primera graduación de medición 12.1 y la segunda graduación de medición 12.2 comprenden en cada caso una secuencia de estructuras de graduación. Las estructuras de graduación de la primera graduación de medición 12.1 se extienden en cada caso en paralelo a una primera dirección P1. Las estructuras de graduación de la segunda graduación de medición 12.2 se extienden en cada caso en paralelo a una segunda dirección P2. La primera y la segunda dirección P1, P2 se extienden en cada caso en un ángulo α , β distinto de 0° con respecto a un eje longitudinal O de la regla graduada 10.

50 En el equipo de medición de posición según la figura 1, la cuarta unidad de exploración 14.4 está asociada a la primera graduación de medición 12.1 y sirve para realizar una exploración de la primera graduación de medición 12.1. Además, en el equipo de medición de posición según la figura 1, una primera recta de unión L1, que discurre por ubicaciones de exploración de la primera y la cuarta unidad de exploración 14.1, 14.4, y una segunda recta de unión L2, que discurre por ubicaciones de exploración de la segunda y la tercera unidad de exploración 14.2, 14.3 son paralelas entre sí.

60 En el equipo de medición de posición según la figura 1, el ángulo α de la primera dirección P1 y el ángulo β de la segunda dirección P2 son en cada caso de 45° . La primera recta de unión L1 y la segunda recta de unión L2 son, por un lado, paralelas entre sí y, por otro lado, en cada caso paralelas al eje longitudinal O de la regla graduada 10.

El equipo de medición de posición de acuerdo con el primer ejemplo de realización se diferencia del equipo de medición de posición según la figura 1 en que la primera recta de unión L1, que discurre por ubicaciones de exploración de la primera y la cuarta unidad de exploración 14.1, 14.4, y la segunda recta de unión L2, que discurre por ubicaciones de exploración de la segunda y la tercera unidad de exploración 14.2, 14.3, forman entre sí un ángulo predeterminado γ (cf. la figura 2). Este ángulo predeterminado γ es desigual a una suma del ángulo α de la

primera dirección P1 y el ángulo β de la segunda dirección P2.

En el equipo de medición de posición de acuerdo con el primer ejemplo de realización, el ángulo α de la primera dirección P1 es de 90° y el ángulo β de la segunda dirección P2 es de 45° . El ángulo predeterminado γ es de 15° . Por lo tanto se cumple la siguiente condición:

$$\gamma \neq \alpha + \beta \quad (\text{ec. 1})$$

Como se muestra en la figura 2, solo la segunda recta de unión L2 es paralela al eje longitudinal O de la regla graduada 10.

El equipo de medición de posición de acuerdo con el segundo ejemplo de realización se diferencia del equipo de medición de posición según la figura 1 o de acuerdo con el primer ejemplo de realización en que la cuarta unidad de exploración 14.4 está asociada a la segunda graduación de medición 12.2 y sirve para realizar una exploración de la segunda graduación de medición 12.2 (cf. la figura 4). En particular, en el equipo de medición de posición de acuerdo con el segundo ejemplo de realización, las ubicaciones de exploración de las unidades de exploración segunda a cuarta 14.2 a 14.4 no se sitúan en una recta de unión común.

En el equipo de medición de posición de acuerdo con el segundo ejemplo de realización, el ángulo α de la primera dirección P1 y el ángulo β de la segunda dirección P2 son en cada caso de 45° . Como se muestra en la figura 4, una recta de unión L2 pasa por ubicaciones de exploración de la segunda y la tercera unidad de exploración 14.2, 14.3. Esta recta de unión L2 es paralela al eje longitudinal O de la regla graduada 10.

En el equipo de medición de posición de acuerdo con el segundo ejemplo de realización, la distancia perpendicular D de la ubicación de exploración de la cuarta unidad de exploración 14.4 respecto de la recta de unión L2 es mayor que 1 mm.

El equipo de medición de posición según la figura 3 (ejemplo negativo) comprende esencialmente los mismos elementos que el equipo de medición de posición de acuerdo con el primer y el segundo ejemplo de realización. Estos elementos están provistos en la figura 3 de las mismas referencias con apóstrofo. El equipo de medición de posición según la figura 3 se diferencia del equipo de medición de posición de acuerdo con el primer ejemplo de realización en que la primera recta de unión L1', que discurre por ubicaciones de exploración de la primera y la cuarta unidad de exploración 14.1', 14.4', y la segunda recta de unión L2', que discurre por ubicaciones de exploración de la segunda y la tercera unidad de exploración 14.2, 14.3, forman entre sí el ángulo predeterminado γ' . Este ángulo predeterminado γ' es igual a una suma del ángulo α' de la primera dirección P1' y el ángulo β' de la segunda dirección P2'. Por lo tanto, en el equipo de medición de posición según la figura 3 no se cumple la condición mencionada anteriormente según la ecuación 1.

En particular, en el equipo de medición de posición según la figura 3, el ángulo α' de la primera dirección P1' es de 90° y el ángulo β' de la segunda dirección P2 es de 45° . El ángulo predeterminado γ' es de 135° . Entonces $\gamma' = \alpha' + \beta'$.

En todos los ejemplos de realización, el ángulo α de la primera dirección P1 y el ángulo β de la segunda dirección P2 se sitúan en cada caso en el intervalo de 15° a 165° , preferiblemente en el intervalo de 30° a 150° . El ángulo α de la primera dirección P1 y el ángulo β de la segunda dirección P2 son, por ejemplo, igual de grandes (cf. el segundo ejemplo de realización).

El ángulo predeterminado γ se desvía ventajosamente en más de $\pm 5^\circ$, $\pm 10^\circ$ o $\pm 15^\circ$ de la suma del ángulo α de la primera dirección P1 y el ángulo β de la segunda dirección P2.

Los ángulos α y β se definen como los ángulos entre el eje longitudinal O de la regla graduada 10 y la primera y la segunda dirección P1, P2 (cf. las figuras 1, 2 y 4). El ángulo γ se define como el ángulo entre la primera y la segunda recta de unión L1, L2 (cf. la figura 2). Todos los ángulos α , β y γ deben introducirse en el sentido de giro positivo (en sentido antihorario).

La ubicación de exploración es el punto de referencia para la medición de posición de las respectivas unidades de exploración primera a cuarta 14.1 a 14.4. En las figuras 1, 2 y 4, la ubicación de exploración dentro de cada una de las unidades de exploración primera a cuarta 14.1 a 14.4 se muestra simbólicamente con un pequeño círculo.

En las figuras 1, 2 y 4, el llamado vector de sensibilidad de las unidades de exploración primera a cuarta 14.1 a 14.4 se muestra con una flecha en la respectiva unidad de exploración 14.1 a 14.4. El vector de sensibilidad indica la dirección de movimiento en la que una señal de medición derivada del mismo cambia más rápidamente por unidad de longitud recorrida.

La invención permite ampliar un codificador 1Dplus conocido, que tiene dos graduaciones de medición inclinadas en cada caso y tres ubicaciones de exploración con el fin de medir los grados de libertad en el plano X, Y, RZ, con una

- (cuarta) ubicación de exploración adicional. A este respecto, el posicionamiento de la cuarta ubicación de exploración (es decir, la ubicación de exploración de la cuarta unidad de exploración 14.4) debe elegirse de modo que, como (cuarto) grado de libertad adicional, pueda determinarse la dilatación térmica del soporte de exploración 2 y/o de la regla graduada 10 linealmente, independientemente de los tres grados de libertad X, Y, RZ. Esto asegura que no haya interferencias entre estos cuatro grados de libertad. Esto tiene a su vez la ventaja de que la dilatación térmica del soporte de exploración 2 y/o de la regla graduada 10 no influye en la determinación de la posición en los grados de libertad X, Y, RZ.
- La invención satisface en particular el requisito de una medición linealmente independiente de los grados de libertad X, Y, RZ y de la dilatación térmica del soporte de exploración 2 y/o de la regla graduada 10.
- Mediante la invención se pueden suprimir en gran medida los errores o desviaciones en los grados de libertad X, Y, RZ, que se producen por un cambio de temperatura homogéneo entre las ubicaciones de exploración individuales. Solo la componente no homogénea de un cambio de temperatura entre las ubicaciones de exploración individuales podría dar lugar a errores residuales relacionados con la temperatura al determinar la posición en los grados de libertad X, Y, RZ. Sin embargo, tal componente no homogénea del cambio de temperatura es pequeña en muchos casos de aplicación.
- La invención permite una medición de posición con una resolución especialmente alta, si la primera y la segunda graduación de medición 12.1, 12.2 están configuradas en cada caso de manera que puedan explorarse ópticamente. Como alternativa, la primera y la segunda graduación de medición 12.1, 12.2 también pueden estar configuradas de manera que puedan explorarse de manera magnética, inductiva o capacitiva.
- Además, con la cuarta unidad de exploración 14.4 se puede determinar o compensar una dilatación térmica con resolución espacial de la regla graduada 10.

REIVINDICACIONES

1. Equipo de medición de posición, con

- 5 una regla graduada (10) que presenta una primera graduación de medición (12.1) y una segunda graduación de medición (12.2),
 una primera unidad de exploración (14.1) asociada a la primera graduación de medición (12.1) para realizar una exploración de la primera graduación de medición (12.1),
 una segunda unidad de exploración (14.2) asociada a la segunda graduación de medición (12.2) para realizar una exploración de la segunda graduación de medición (12.2) y una tercera unidad de exploración (14.3) asociada a la segunda graduación de medición (12.2) para realizar una exploración de la segunda graduación de medición (12.2),
 en donde la primera graduación de medición (12.1) comprende una secuencia de estructuras de graduación, cada una de las cuales se extiende en paralelo a una primera dirección (P1), en donde la segunda graduación de medición (12.2) comprende una secuencia de estructuras de graduación, cada una de las cuales se extiende en paralelo a una segunda dirección (P2),
 en donde la primera y la segunda dirección (P1, P2) se extienden en cada caso en un ángulo (α , β) distinto de 0° con respecto a un eje longitudinal (O) de la regla graduada (10),
 en donde el equipo de medición de posición presenta la primera, la segunda y la tercera unidad de exploración (14.1 - 14.3),
 en donde el equipo de medición de posición presenta una cuarta unidad de exploración (14.4) asociada a la primera o a la segunda graduación de medición (12.1, 12.2) para realizar una exploración de la primera o de la segunda graduación de medición (12.1, 12.2),
caracterizado por que
 si la cuarta unidad de exploración (14.4) está asociada a la primera graduación de medición (12.1), para realizar una exploración de la primera graduación de medición (12.1), una primera recta de unión (L1), que discurre por ubicaciones de exploración de la primera y la cuarta unidad de exploración (14.1, 14.4), y una segunda recta de unión (L2), que discurre por ubicaciones de exploración de la segunda y la tercera unidad de exploración (14.2, 14.3), forman entre sí un ángulo predeterminado (γ), siendo el ángulo predeterminado (γ) desigual a una suma del ángulo (α) de la primera dirección (P1) y del ángulo (β) de la segunda dirección (P2), y
 si la cuarta unidad de exploración (14.4) está asociada a la segunda graduación de medición (12.2) para realizar una exploración de la segunda graduación de medición (12.2), las ubicaciones de exploración segunda a cuarta (14.2 - 14.4) no se sitúan en una recta de unión común y una distancia perpendicular (D) de la ubicación de exploración de la cuarta unidad de exploración (14.4) respecto de una recta de unión (L2) que discurre por ubicaciones de exploración de la segunda y la tercera unidad de exploración (14.2, 14.3) es mayor que 1 mm.

2. Equipo de medición de posición según la reivindicación 1, en donde el equipo de medición de posición presenta un soporte de exploración (2) dispuesto de manera móvil con respecto a la regla graduada (10) para soportar las unidades de exploración primera a cuarta (14.1 - 14.4).

3. Equipo de medición de posición según la reivindicación 2, en donde la primera y segunda graduación de medición (12.1, 12.2) y las unidades de exploración primera a cuarta (14.1 - 14.4) están dispuestas y diseñadas de tal manera que se puede determinar una posición del soporte de exploración (2) con respecto a la regla graduada (10) en una primera dirección de medición (X) y en otros dos grados de libertad (Y, RZ).

4. Equipo de medición de posición según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el ángulo (α) de la primera dirección (P1) y el ángulo (β) de la segunda dirección (P2) se sitúan en cada caso en un intervalo de 15° a 165° , preferiblemente en un intervalo de 30° a 150° .

5. Equipo de medición de posición según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el ángulo (α) de la primera dirección (P1) y el ángulo (β) de la segunda dirección (P2) son igual de grandes.

6. Equipo de medición de posición según la reivindicación 5, en donde el ángulo (α) de la primera dirección (P1) y el ángulo (β) de la segunda dirección (P2) son en cada caso de 45° .

7. Equipo de medición de posición según una de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el ángulo (α) de la primera dirección (P1) es de 90° y el ángulo (β) de la segunda dirección (P2) es de 45° .

8. Equipo de medición de posición según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera recta de unión (L1) o la segunda recta de unión (L2) es paralela al eje longitudinal (O) de la regla graduada (10) si la cuarta unidad de exploración (14.4) está asociada a la primera graduación de medición (12.1) para realizar una exploración de la primera graduación de medición (12.1).

9. Equipo de medición de posición según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el ángulo predeterminado (γ) se desvía en más de $\pm 5^\circ$, $\pm 10^\circ$ o $\pm 15^\circ$ de la suma del ángulo (α) de la primera dirección (P1) y el ángulo (β) de la segunda dirección (P2) si la cuarta unidad de exploración (14.4) está asociada a la primera graduación de medición (12.1).

(12.1) para realizar una exploración de la primera graduación de medición (12.1).

5 10. Equipo de medición de posición según una de las reivindicaciones anteriores, en donde las estructuras de graduación de la primera graduación de medición (12.1) y las estructuras de graduación de la segunda graduación de medición (12.2) están dispuestas periódicamente en cada caso a lo largo de una primera dirección de medición (X).

10 11. Equipo de medición de posición según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera y la segunda graduación de medición (12.1, 12.2) son en cada caso graduaciones absolutas.

12. Equipo de medición de posición según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera y la segunda graduación de medición (12.1, 12.2) están configuradas en cada caso de manera que pueden explorarse ópticamente.

Fig.1

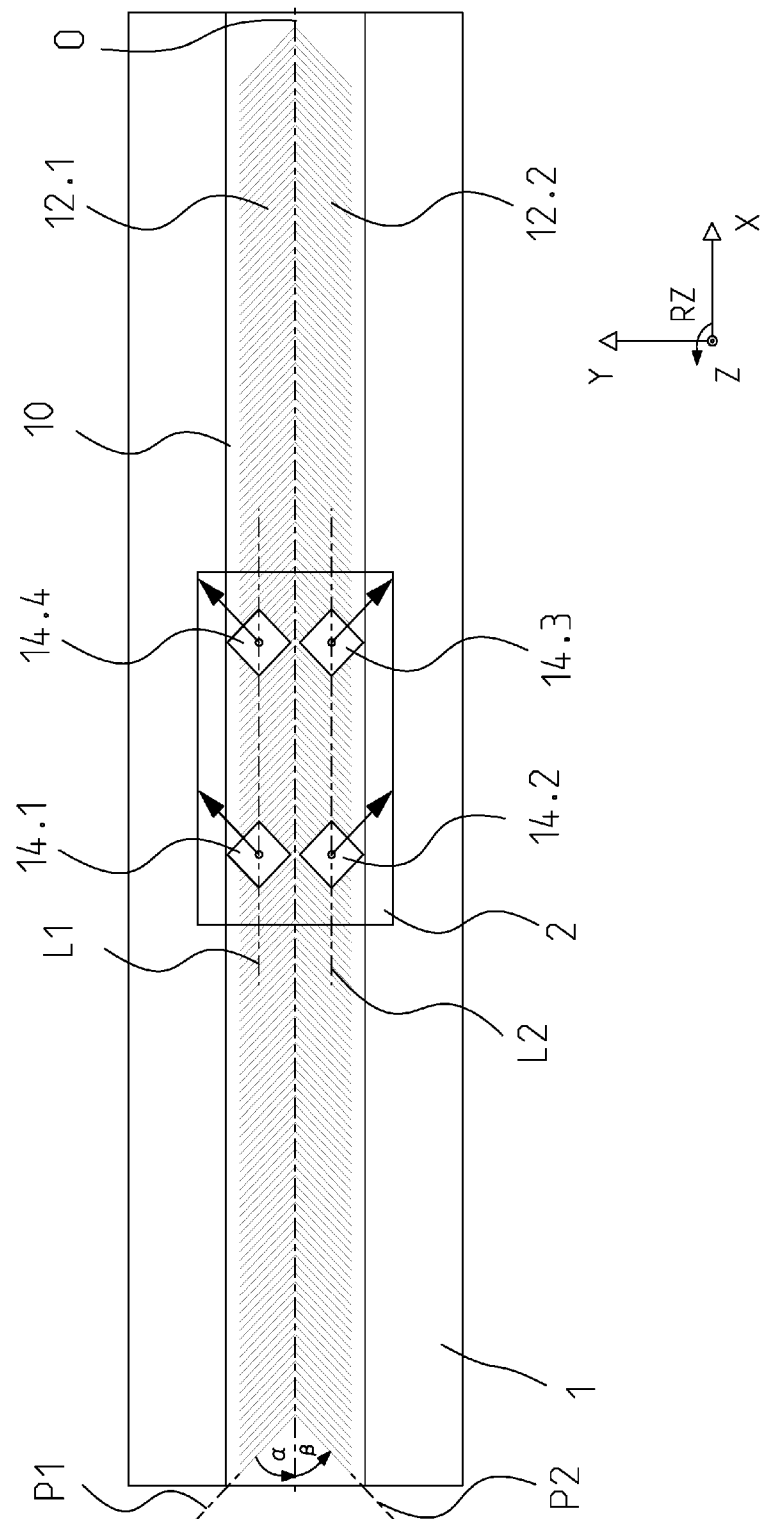


Fig.2

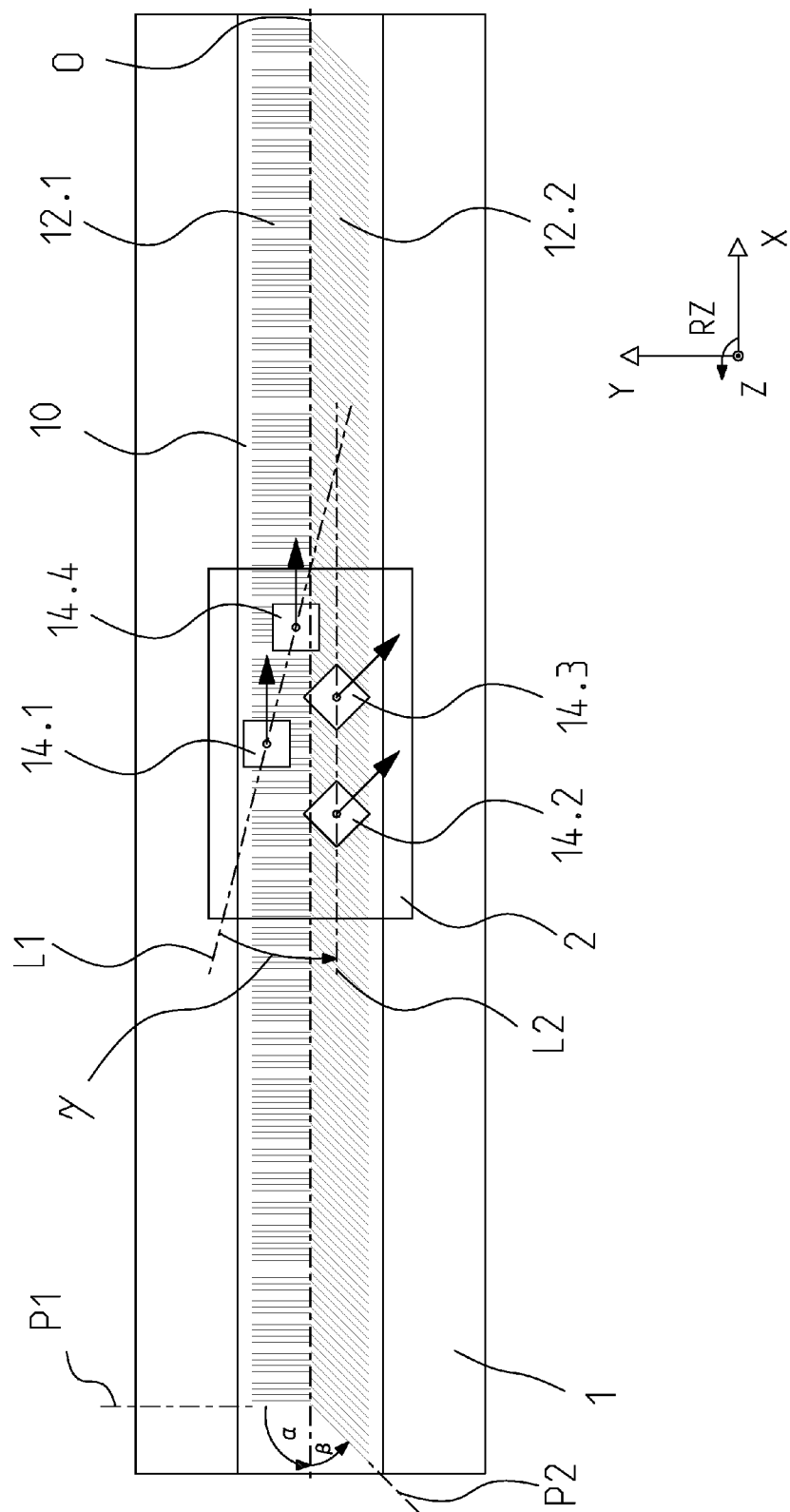


Fig.3

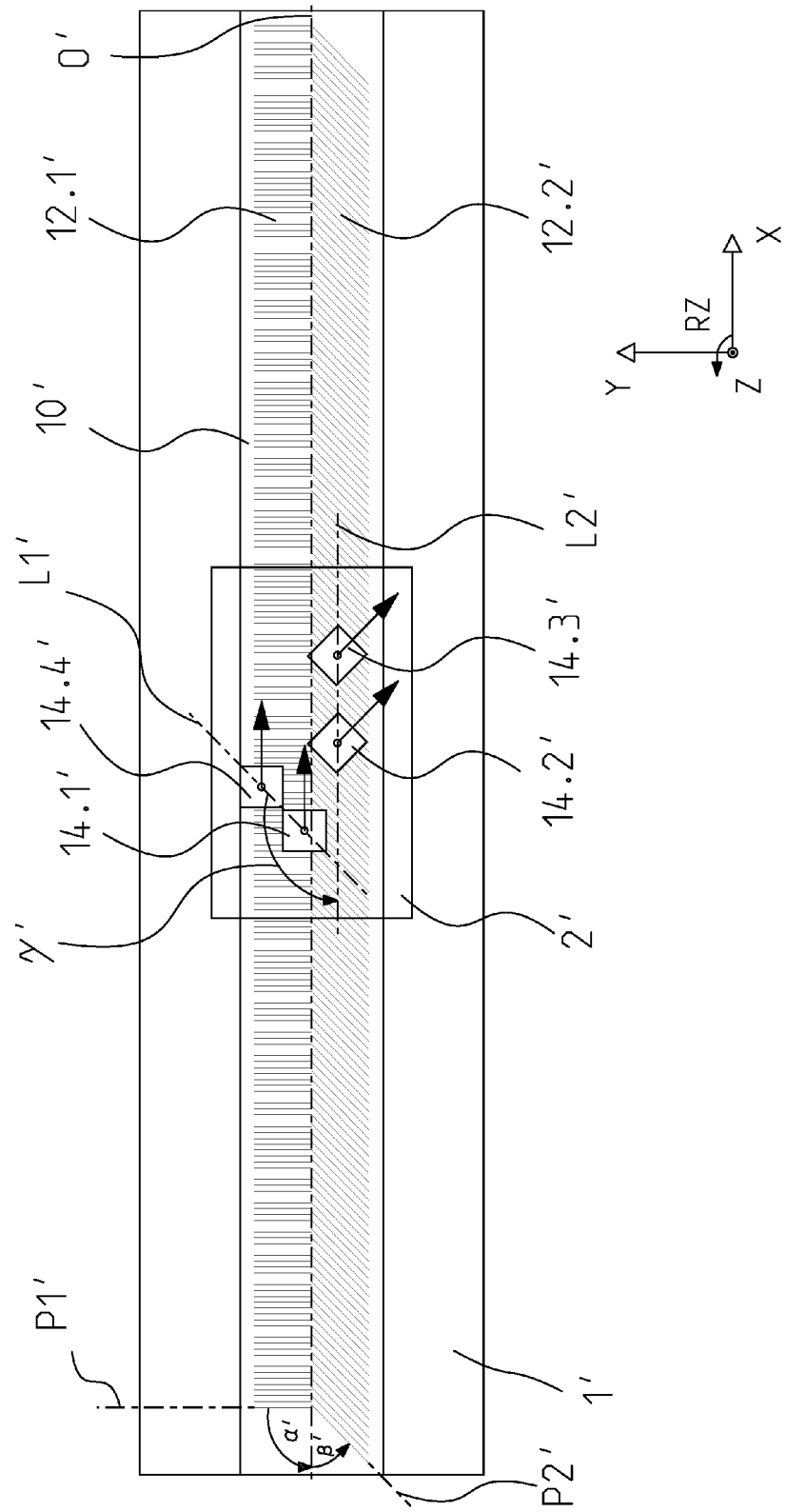


Fig.4

