

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 887**

51 Int. Cl.:

G01D 5/38 (2006.01)

G01D 5/347 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2013** **E 13193458 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017** **EP 2738524**

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

30 Prioridad:

03.12.2012 DE 102012222077

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

10.10.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HOLZAPFEL, WOLFGANG;
HERMANN, MICHAEL y
SÄNDIG, KARSTEN

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 636 887 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de medición de la posición

La presente invención se refiere a un dispositivo de medición de la posición con un objeto de forma cilíndrica con una división de medición de la reflexión circunferencial en forma de anillo, que está dispuesta de forma giratoria alrededor del eje longitudinal del objeto, y con una unidad de exploración estacionaria frente al objeto dispuesto de forma giratoria para la exploración óptica de la división de medición de la reflexión.

Un dispositivo de medición de la posición del tipo indicado al principio se conoce a partir del documento EP 1 795 872 A1. La figura 1 de esta publicación muestra un dispositivo de medición de la posición, que presenta, por una parte, un objeto de forma cilíndrica con una división de medición de la reflexión circunferencial en forma de anillo, en el que el objeto está dispuesto de forma giratoria alrededor del eje longitudinal del objeto. Por otra parte, está prevista una unidad de exploración estacionaria con respecto al objeto dispuesto de forma giratoria para la exploración óptica de la división de medición de la reflexión. Unidades de exploración adecuadas para un dispositivo de este tipo se representan, por ejemplo, en las figuras 2B y 2C y comprenden, respectivamente, una fuente de luz, una rejilla de emisión y un detector. Los haces de rayos emitidos por la fuente de luz atraviesan la rejilla de emisión e impulsan entonces la división de medición de la reflexión. Allí se realiza una retro-reflexión en la dirección de un detector, sobre el que se pueden generar señales de posición dependientes de la rotación en el caso de un movimiento relativo de la división de medición de la reflexión y la unidad de exploración.

El principio de exploración óptica utilizado en una instalación de medición de la posición de este tipo se describe en detalle en la publicación de R.M. Pettigrew con el título "Analysis of Grating Images and its Application to Displacement Metrology" en SPIE Vol. 136, 1er European Congress on Optics Applied to Metrology (1977), Páginas. 325 - 332. A continuación se explica brevemente este principio de exploración conocido.

En este caso, se ilustra una rejilla de emisión a través de una fuente de luz adecuada, por ejemplo un LED. Cada trazo de la rejilla de emisión emite en cada caso una cilíndrica sobre la incorporación de medición, que se encuentra a la distancia u detrás de la rejilla de emisión. En la trayectoria de los rayos aparecen a distancias v unas imágenes propias ampliadas de la incorporación de medición a través de cada una de estas ondas cilíndricas. La periodicidad d_D de las imágenes propias resulta en un plano de detección de la siguiente manera:

$$d_D = d_M \left(1 + \frac{v}{u} \right) \quad (\text{Gl. 1})$$

d_D := Periodicidad de las imágenes propias de la incorporación de medición en un plano de detección en el detector
 d_M := Periodicidad de la incorporación de medición
 u := Distancia entre la rejilla de emisión y la incorporación de medición
 v := Distancia entre la incorporación de medición y el plano de detección.

A través de la selección adecuada de la periodicidad d_S de la rejilla de emisión según la Ecuación 2 siguiente se consigue que las imágenes propias se añadan de manera constructiva incoherente en el detector.

$$d_S = d_M \left(1 + \frac{u}{v} \right) \quad (\text{Gl. 2})$$

d_S := Periodicidad de la rejilla de emisión
 d_M := Periodicidad de la incorporación de medición
 u := Distancia entre la rejilla de emisión y la incorporación de medición
 v := Distancia entre la incorporación de medición y el plano de detección.

En el caso de un movimiento de la incorporación de medición frente a los otros componentes, la imagen propia de la incorporación de medición se mueve en el plano de detección. Si se configura el detector, por decirlo así, como foto detector estructurado, cuya periodicidad corresponde a la de la copia de la incorporación de medición, entonces se pueden generar señales de posición dependientes del desplazamiento en forma de señales incrementales desfasadas. Para el contraste óptimo de las imágenes propias de la incorporación de medición se ha revelado, además, que es favorable que se mantenga todavía adicionalmente la siguiente condición, que se conoce también, por decirlo así, como condición de Talbot:

$$\frac{\lambda}{nd_M^2} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \quad (\text{Gl. 3})$$

d_M := Periodicidad de la incorporación de medición
 u := Distancia entre la rejilla de emisión y la incorporación de medición
 v := Distancia entre la incorporación de medición y el plano de detección.
 n := 1, 2, 3,.....

5 Este principio de exploración se puede aplicar de una manera especialmente ventajosa en sistemas de luz incidente, en los que la incorporación de medición está configurada como división de medición de la reflexión y en los que la rejilla de emisión y el detector están dispuestos en un plano común. En este caso se aplica:

$$u = v \quad (\text{Gl. 4})$$

10 u := distancia entre la rejilla de emisión y la incorporación de medición
 v := distancia entre la incorporación de medición y el plano de detección

15 A partir de la ecuación 1 se deduce que en el caso de una modificación de la distancia de exploración, es decir, en el caso de un sistema de luz incidente, la distancia u o bien v , la periodicidad d_D de las imágenes propias de la incorporación de medición no se modifica y, por consiguiente, no se producen irrupciones de grados de modulación en las señales de modulación.

20 Estas reflexiones se aplican, en principio, sólo para incorporaciones de medición planas. Si debe emplearse el principio de exploración explicado en dispositivos de medición de la posición con incorporaciones de medición curvadas, como por ejemplo, divisiones de medición de la reflexión circunferenciales en forma de anillo, entonces no se garantiza a priori que no se modifique la periodicidad d_D de las imágenes propias de la incorporación de medición, es decir, la periodicidad del patrón de franjas en el plano de detección, en el caso de una modificación de la distancia de exploración. En el documento EP 1 795 872 A1 mencionado al principio no se encuentran instrucciones sobre cómo se puede garantizar tal independencia de los periodos del patrón de franjas en el plano de detección de la distancia de exploración en tales dispositivos de medición de la posición.

30 Se conoce a partir del documento US 2007/187581 A1 un dispositivo de medición de la posición óptica, en el que entre la fuente de luz y el detector se extienden tres rejillas; la primera y la tercera rejillas están configuradas entre caso como rejillas de amplitud, la segunda rejilla está configurada como rejilla de fases. Además de disposiciones para la detección de movimientos lineales, se proponen también disposiciones rotatorias.

35 El documento WO 2007/129022 A1 publica un dispositivo rotatorio de medición de la posición óptica, en el que se explora una incorporación de medición radial. Sobre lados de la unidad de exploración se configura sobre la disposición de una zona emisora de luz y de una zona sensible a la radiación un plano, que está dispuesto basculado frente al plano de incorporación de la medición.

40 En el documento EP 2 570 780 A2 se describe cómo se puede asegurar en un dispositivo rotatorio de medición de la posición óptica a través de la configuración del disco parcial con medios ópticos integrados allí que la fuente de luz se reproduce en una posición, que cumple determinadas condiciones de la distancia.

45 Se conoce a partir del documento EP 1 760 435 A2, finalmente, un dispositivo de medición de la posición óptica interferencial con una incorporación de medición reflexiva configurada en forma de tambor. El periodo de división de la incorporación de medición se selecciona de manera adecuada para adaptar la periodicidad del patrón de franjas de interferencia resultante a la periodicidad del detector. La presente invención se basa en el problema de crear un dispositivo de medición de la posición con una división de medición de la reflexión circunferencial en forma de anillo, explorado ópticamente, en el que el periodo del patrón de las franjas en el plano de detección es independiente de la distancia de exploración. El cometido se soluciona según la invención por medio de un dispositivo de medición de la posición con las características de la reivindicación 1. Por lo demás, este cometido se soluciona por medio de un dispositivo de medición de la posición con las características de la reivindicación 13. Las formas de realización ventajosas del dispositivo de medición de la posición según la invención se deducen a partir de las medidas en las reivindicaciones dependientes. El dispositivo de medición de la posición según la invención comprende un objeto de forma cilíndrica con una división de medición de la reflexión circunferencial en forma de anillo, que está dispuesta de forma giratoria alrededor del eje longitudinal del objeto. Además, el dispositivo de medición de la posición comprende una unidad de exploración estacionaria frente al objeto dispuesto giratorio para la exploración óptica de la división de medición de la reflexión con una fuente de luz, una rejilla de emisión y un detector. En este caso, los haces de luz emitidos por la fuente de luz recorren la rejilla de emisión, impulsan entonces la división de medición de la reflexión, desde la que se realiza una retro-reflexión en la dirección del detector, sobre el que se pueden generar señales de posición dependientes de la rotación. La distancia normal ópticamente efectiva entre el detector y la división de medición de la reflexión es en función del radio del objeto de forma cilíndrica mayor o menor que la distancia normal ópticamente efectiva entre la rejilla de emisión y la división de medición de la reflexión. De acuerdo con la invención, la distancia normal entre la rejilla de emisión y el detector más una tolerancia de +/- 20 % es

$$\epsilon = (2 \cdot u^2) / R$$

con

- 5 ϵ := Distancia normal entre rejilla de emisión y detector
 u := Distancia normal ópticamente efectiva desde la rejilla de emisión hasta la división de medición de la reflexión
 R := Radio del objeto de forma cilíndrica, en el que $R > 0$ para una exploración exterior y $R < 0$ para una exploración interior.

10 En forma de realización ventajosa está previsto que con la excepción de la rejilla de medición no estén dispuestos otros elementos ópticos entre la fuente de luz y la división de medición de la reflexión

15 Es posible que la división de medición de la reflexión esté configurada como rejilla con zonas de división dispuestas periódicamente, que poseen diferentes propiedades ópticas, en la que la dirección de la extensión longitudinal de las zonas de división está orientada bajo 45° con respecto al eje longitudinal del objeto. En este caso, puede estar previsto que:

- la división de medición de la reflexión comprenda otra rejilla con zonas de división dispuestas periódicamente, que poseen diferentes propiedades ópticas, en el que la dirección de la extensión longitudinal de las zonas de división está orientada perpendicularmente al eje longitudinal del objeto o bajo 45° con respecto al eje longitudinal del objeto y
- está prevista una segunda unidad de exploración para la exploración óptica de la otra rejilla,
- de manera que a través de las unidades de exploración se puede detectar según la técnica de medición el movimiento de rotación del objeto alrededor del eje longitudinal del objeto como también el movimiento de traslación del objeto a lo largo del eje longitudinal del objeto.

La división de medición de la reflexión puede estar configurada o bien como rejilla de amplitud o como rejilla de fases.

30 Es posible que la distancia radial de la unidad de exploración desde el eje longitudinal del objeto sea seleccionado mayor que el radio del objeto de forma cilíndrica.

De manera alternativa, la distancia radial de la unidad de exploración desde el eje longitudinal del objeto sea seleccionado menor que el radio del objeto de forma cilíndrica.

35 En una forma de realización posible, la fuente de luz está configurada como fuente de luz dilatada en el espacio.

De manera alternativa, puede estar previsto que en lugar de la fuente de luz con rejilla de emisión antepuesta esté dispuesta una fuente de luz puntual en la unidad de exploración y que la distancia normal ópticamente efectiva entre el detector y la división de medición de la reflexión

- en el caso de una exploración exterior sea mayor que la distancia normal ópticamente efectiva entre la zona de emisión de la fuente de luz puntual y la división de medición de la reflexión o
- en el caso de una exploración interior sea menor que la distancia normal ópticamente efectiva entre la zona de emisión de la fuente de luz puntual y la división de medición de la reflexión.

Además, es posible que la rejilla de emisión esté dispuesta sobre un sustrato transparente en forma de plaquitas, que se encuentra de la misma manera en la trayectoria de los rayos de exploración entre la rejilla de emisión y la división de medición de la reflexión así como entre la división de medición de la reflexión (21) y el detector, en el que las distancias normales físicas resultan de la siguiente manera a partir de las distancias normales ópticamente efectivas

$$u' = u + \left(1 - \frac{1}{n_S}\right) t_S$$

$$v' = v + \left(1 - \frac{1}{n_S}\right) t_D$$

con

u := Distancia normal ópticamente efectiva desde la rejilla de emisión hasta la división de medición de la reflexión
 u' := Distancia normal física desde la rejilla de emisión hasta la división de medición de la reflexión
 v := Distancia normal ópticamente efectiva desde la división de medición de la reflexión hasta el plano de detección D
 v' := Distancia normal física desde la división de medición de la reflexión hasta el plano de detección D
 n_S := Índice de refracción del sustrato
 t_S := Espesor del sustrato entre la rejilla de emisión y la división de medición de la reflexión
 t_D := Espesor del sustrato entre la división de medición de la reflexión y el plano de detección.

Por lo demás, puede estar previsto que la rejilla de medición este dispuesta sobre el lado de un sustrato transparente en forma de plaquitas, que está dirigido hacia la posición de medición de la reflexión, en el que la distancia normal física resulta a partir de la distancia normal ópticamente efectiva de la siguiente manera

$$v' = v + \left(1 - \frac{1}{n_S}\right) t_D$$

con

v := Distancia normal ópticamente efectiva desde la posición de medición por reflexión hasta el plano de detección D
 v' := Distancia normal física desde la desde la posición de medición por reflexión hasta el plano de detección D
 n_S := Índice de refracción del sustrato
 t_D := Espesor del sustrato entre la división de medición de la reflexión y el plano de detección.

Con preferencia, la posición ópticamente efectiva de la rejilla de emisión está más cerca del eje longitudinal del objeto que la posición ópticamente efectiva del detector, en el que la posición ópticamente efectiva de la rejilla de emisión está determinada por la distancia normal ópticamente efectiva entre la rejilla de emisión y la división de medición de la reflexión y la posición ópticamente efectiva del detector a través de la distancia normal ópticamente efectiva entre el detector y la división de medición de la reflexión

Como ventaja decisiva del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención resulta ahora una independencia del periodo de patrón de franjas en el plano de detección de la distancia de exploración. También en el caso de eventuales oscilaciones de la distancia de exploración, la periodicidad del patrón de franjas generado en el plano de detección permanece inalterada. Puesto que el periodo del patrón de franjas se ajusta de esta manera siempre a la periodicidad del detector, las señales de exploración se mantienen estables también en el caso de oscilaciones de la distancia de exploración. A través de las tolerancias de montaje correspondientemente grandes, este dispositivo de medición de la posición es fácil de montar.

Otros detalles y ventajas de la presente invención se explican con la ayuda de la descripción siguiente de ejemplos de realización del dispositivo de acuerdo con la invención en conexión con las figuras. En este caso:

La figura 1a muestra una vista espacial muy simplificada de una primera forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 1b muestra una representación parcial ampliada de la figura 1a para la explicación de la imagen de la rejilla de emisión en el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra una representación esquemática de un segundo ejemplo de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 3 muestra una representación esquemática de un tercer ejemplo de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 4 muestra una representación esquemática de un cuarto ejemplo de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 5 muestra una representación esquemática de un quinto ejemplo de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 6 muestra una representación esquemática de un sexto ejemplo de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 7 muestra una representación esquemática de un séptimo ejemplo de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

5 La figura 1a muestra una vista espacial muy simplificada de una primera forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención. Éste comprende, por una parte, un objeto 2 de forma cilíndrica, que está dispuesto de forma giratoria alrededor del eje longitudinal A del objeto. En el objeto 2 está prevista como incorporación de medición una división de medición de la reflexión 2.1 circunferencial en forma de anillo. Estacionaria frente al objeto 2 dispuesto de forma giratoria 2 está prevista, por otra parte, una unidad de exploración 1, que sirve para la exploración óptica de la división de medición de la reflexión 2.1 y, por lo tanto, para la generación de señales de posición dependientes de la rotación. La unidad de exploración 1 comprende diferentes componentes, que no se muestran en la figura 1a; a ellos pertenecen, entre otros, una fuente de luz, dado el caso una rejilla de emisión así como un detector.

15 En el objeto 1 se puede tratar, por ejemplo, de una parte de máquina rotatoria. En un control de máquinas – no representado – se transmiten desde el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención las señales de posición generadas, que éste utiliza, por ejemplo, para el posicionamiento del objeto 1.

20 La división de medición de la reflexión 2.1 está configurada en el presente ejemplo de realización como rejilla con zonas de división dispuestas periódicamente, que se representan claras y oscuras en la figura 1a y que poseen diferentes propiedades ópticas. La dirección de extensión de la longitud de las zonas de división de la división de medición de la reflexión 2.1 está orientada, como se deduce a partir de la figura, paralelamente al eje longitudinal A del objeto. En el caso de una configuración de la división de medición de la reflexión 2.1 como rejilla de amplitud, las zonas de división representadas claras y oscuras poseen tal vez propiedades de reflexión diferentes. Pero también es posible configurar la división de medición de la reflexión como rejilla de fases, en la que las diferentes zonas de división ejercen una acción de desfase diferente sobre el haz de rayos que incide en ellas.

25 Con respecto a la división de medición de la reflexión 2.1, es posible que ésta se disponga sobre un cuerpo de soporte, que se fija de manera adecuada entonces de nuevo ya en el objeto 2. Pero de manera alternativa a ello, la división de medición de la reflexión 2.1 puede estar aplicada en el marco de la presente invención también directamente sobre la superficie del objeto 2.

35 Para la explicación adicional de las relaciones geométricas se remite ahora a la figura 1b, que muestra una vista en sección ampliada del dispositivo de medición de la posición de la figura 1a con la división de medición de la reflexión 2.1 dispuesta encima y la entrada de los rayos de reproducción para un intersticio de rejilla de emisión SG.

La superficie curvada del objeto 1 de forma cilíndrica actúa en tal reproducción como un espejo convexo, que presenta el punto focal f, con

$$40 \quad f = \frac{R}{2} \quad (\text{Gl. 5})$$

f := Punto focal de la superficie curvada de objeto
R := Radio del objeto de forma cilíndrica

45 Por medio de tal reproducción se reproducen los intersticios de la rejilla de emisión, de los que en la figura 1b solamente se muestra un único intersticio de la rejilla de emisión SG, de acuerdo con la siguiente ecuación de reproducción, en la imagen de la rejilla de emisión SG':

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{R} = -\frac{1}{u} + \frac{1}{u_i} \quad (\text{Gl. 6})$$

50 f := Punto focal de la superficie curvada del objeto
R := Radio del objeto de forma cilíndrica
u := Distancia normal ópticamente efectiva de la rejilla de emisión con respecto a la división de medición de la reflexión
55 u_i := Distancia normal ópticamente efectiva de la imagen de la rejilla de emisión con respecto a la división de medición de la reflexión

60 Las ecuaciones 1 – 4 explicadas al principio, que se pueden aplicar para tal principio de exploración en conexión con una división de medición de la reflexión plana, se pueden transferir, en principio, al presente sistema con una división de la medición de la reflexión 2.1 curvada o bien en forma de tambor. Pero en este caso hay que tener en cuenta que a través de la curvatura de la división de medición de la reflexión 2.1, la rejilla de emisión se reproduce

en una imagen virtual de la rejilla de emisión SG', que se encuentra a una distancia normal u_i ópticamente efectiva desde la división de medición de la reflexión 2.1. Por lo tanto, en las ecuaciones 1-4 explicadas al principio la distancia u ópticamente efectiva se sustituye por la distancia normal u_i de la imagen de la rejilla de emisión virtual SG'.

Para garantizar la independencia deseada del sistema de oscilaciones de la distancia de exploración, en la reflexiones siguientes se parte de que la rejilla de emisión y el detector están dispuestos a distancias normales u, v ópticamente efectivas, que se diferencian en el importe o bien en la distancia normal ε , del vértice de la división de medición de la reflexión en forma de anillo, es decir,

$$v = u + \varepsilon \quad (\text{Gl. 7})$$

u := Distancia normal ópticamente efectiva de la rejilla de emisión con respecto a la división de medición de la reflexión

v := Distancia normal ópticamente efectiva de la división de medición de la reflexión con respecto al plano de detección D

ε := Distancia normal de la rejilla de emisión con respecto al detector

Se requiere ahora que una eventual modificación de la distancia en primera aproximación no conduzca a una modificación del factor de amplificación m . El factor de amplificación m describe en este caso la relación de la periodicidad d_D del detector o bien del patrón de franjas detectado con respecto a la periodicidad d_M de la división de medición de la reflexión según

$$m = \frac{d_D}{d_M} \quad (\text{Gl. 8})$$

m := Factor de ampliación

d_D := Periodicidad del detector

d_M := Periodicidad de la división de medición de la reflexión

El factor de amplificación m resulta en este caso, por consiguiente, a partir de las distancias diferentes:

$$m = 1 + \frac{v}{u_i} \quad (\text{Gl. 9})$$

m := Factor de amplificación

v := Distancia normal ópticamente efectiva de la división de medición de la reflexión con respecto al plan de detección

u_i := Distancia normal ópticamente efectiva de la imagen de la rejilla de emisión con respecto a la división de medición de la reflexión

Si se introduce la ecuación 9 en la ecuación de reproducción 6 anterior, resulta para el factor de amplificación m en función de los diferentes parámetros del sistema

$$m(u) = 1 + (u + \varepsilon) \left(\frac{2}{R} + \frac{1}{u} \right) \quad (\text{Gl. 10})$$

$m(u)$:= Factor de amplificación

u := Distancia normal ópticamente efectiva de la rejilla de emisión con respecto a la división de medición de la reflexión

ε := Distancia normal de la rejilla de emisión con respecto al detector

R := Radio del objeto de forma cilíndrica

El factor de amplificación $m(u)$ es en este caso aproximadamente constante cuando la primera derivación después de u es cero. Éste es el caso cuando la distancia normal ε entre la rejilla de emisión y el detector se selecciona de la siguiente manera:

$$\varepsilon = \frac{2u^2}{R} \quad (\text{Gl. 11})$$

u := Distancia normal ópticamente efectiva de la rejilla de emisión con respecto a la división de medición de la reflexión

ε := Distancia normal de la rejilla de emisión con respecto al detector

R := Radio del objeto de forma cilíndrica

5 Por lo tanto, si el detector o bien el plano de detección D se encuentra a la distancia normal ε detrás o bien a distancia del plano de la rejilla de emisión, entonces en el caso de modificaciones de la distancia de exploración, la modificación del factor de amplificación m es mínima. En formas de realización posibles del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención se puede seleccionar en este caso la distancia normal ε según la ecuación 11 más una tolerancia de +/- 20 %.

15 Cuando la división de medición de la reflexión 2.1 está configurada como rejilla de amplitud, aparecen en el detector dos patrones de franjas superpuestos de la misma periodicidad, que resultan a partir de la interferencia del orden de difracción +1. y 0. o bien del orden de difracción 0. y -1. de la división de medición de la reflexión. En la publicación citada anteriormente de R. M. Pettigrew, este caso se designa como "imagen geométrica". Para que los dos patrones de franjas se superpongan en la misma fase y para que generen contraste máximo, debe cumplirse la condición de Talbot de manera similar a la ecuación 3, en la que de nuevo u se sustituye por u_i y se aplican las ecuaciones 6, 7 y 11.

$$\frac{\lambda}{nd_M^2} = \frac{1}{u_i} + \frac{1}{v} = \frac{2}{R} + \frac{1}{u} + \frac{1}{u + \frac{2u^2}{R}} \quad (\text{Gl. 12})$$

20 En este caso, n debe ser un número entero y debe ser mayor que cero.

25 En el caso de una realización concreta de un dispositivo de medición de la posición de este tipo, a menudo la periodicidad d_D del detector utilizado está al comienzo de las consideraciones de dimensionado, puesto que para varios diámetros del objeto R debe utilizarse, a ser posible, el detector idéntico. De esta manera, se pueden reducir los costes iniciales necesarios para la fabricación de los detectores. La determinación de los restantes parámetros del sistema, especialmente de la periodicidad d_M de la división de medición de la reflexión así como de la periodicidad d_S de la rejilla de emisión, se puede realizar como se explica a continuación.

30 De esta manera, la ecuación 12 a través de la sustitución de la periodicidad d_M de la división de medición de la reflexión con las ecuaciones 8, 10 y 11 proporciona la siguiente ecuación 13:

$$\frac{\lambda}{n d_D^2} \left(1 + \left(u + 2 \frac{u^2}{R} \right) \left(\frac{2}{R} + \frac{1}{u} \right) \right)^2 - \frac{2}{R} - \frac{1}{u} - \frac{1}{u + \frac{2u^2}{R}} = 0 \quad (\text{Gl. 13})$$

35 λ:= Longitud de las ondas de luz

u := Distancia normal ópticamente efectiva de la rejilla de emisión con respecto a la división de medición de la reflexión

40 v := Distancia normal ópticamente efectiva de la división de medición de la reflexión con respecto al plano de detección

d_D := Periodicidad del detector

R := Radio del objeto de forma cilíndrica

n := 1, 2, 3,

45 Un cálculo de puntos cero en la ecuación 13 proporciona la distancia normal u ópticamente efectiva, a partir de los cual con la ecuación 11 se puede determinar la distancia normal ε, con la ecuación 7 se puede determinar la distancia normal v ópticamente efectiva y con la ecuación 8 se puede determinar la periodicidad d_M de la división de medición de la reflexión.

50 Por último, debe calcularse todavía la periodicidad d_S de la rejilla de emisión de la siguiente manera:

$$d_S = \frac{u}{v} d_D \quad (\text{Gl. 14})$$

55 d_S := Periodicidad de la rejilla de emisión

d_D := Periodicidad del detector

u := Distancia normal ópticamente efectiva de la rejilla de emisión con respecto a la división de medición de

la reflexión

v := Distancia normal ópticamente efectiva de la división de medición de la reflexión con respecto al plano de detección

5 En una forma de realización posible del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención, están previstos, por ejemplo, los siguientes parámetros condicionados por el sistema:

$$R = 10 \text{ mm}$$

10 $d_D = 40 \text{ } \mu\text{m}$

$$\lambda = 850 \text{ nm}$$

15 $N = 1$

A partir de las ecuaciones anteriores se pueden calcular entonces los restantes parámetros del sistema y resultan los siguientes:

20 $u = 0,714 \text{ mm}$

$$v = 0,816 \text{ mm}$$

$$d_M = 17,34 \text{ } \mu\text{m} \text{ (3624 periodos de la señal / circunferencia)}$$

25 $d_S = 35,00 \text{ } \mu\text{m}$

Un segundo ejemplo de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención se representa de forma esquemática en la figura 2. Éste comprende el objeto 20 giratorio alrededor del eje de rotación o bien del eje longitudinal del objeto A con la división de medición de la reflexión 21 dispuesta en la periferia exterior. La división de medición de la reflexión 21 está configurada como rejilla con zonas de división dispuestas periódicamente, que poseen diferentes propiedades ópticas. En este caso, en el marco de la presente invención es posible configurar la división de medición de la reflexión 21 como rejilla de amplitudes, en la que las zonas de división poseen diferentes propiedades de reflexión. Pero de manera alternativa, la división de medición de la reflexión puede estar configurada también como rejilla de fases; las zonas de división poseen en este caso diferentes actuaciones de desfase sobre los haces de rayos incidentes. La dirección de la extensión longitudinal de las zonas de división de la división de medición de la reflexión 21 está orientada paralela al eje longitudinal A del objeto.

Por lo demás, por parte del dispositivo de medición de la posición está prevista una unidad de exploración 10, en la que están dispuestos una fuente de luz 11, una rejilla de emisión 13 así como un detector 12. La fuente de luz 11 está configurada en el presente ejemplo de realización como fuente de luz dilatada en el espacio, por ejemplo como LED. Como rejilla de emisión 13 funciona una rejilla de transmisión con zonas de división transparentes y opacas dispuestas alternando, que está dispuesta sobre un sustrato transparente 14 en forma de plaquitas. El detector 12 está configurado como foto detector estructurado conocido, que comprende una pluralidad de foto diodos en el plano de detección, que están interconectados por grupos.

Con la excepción de la rejilla de emisión 13, en el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención, no están dispuestos otros elementos ópticos entre la fuente de luz 11 y la división de medición de la reflexión 21; por consiguiente, existe una exploración de la división de medición de la reflexión 21 con iluminación divergente.

En el caso de la rotación del objeto 20 alrededor del eje longitudinal A del objeto resulta en el plano de detección un patrón de franjas modulado en función de la rotación, que es detectado a través del detector 12 y es convertido en varias señales de posición desfasadas, o bien señales incrementales.

En este ejemplo de realización, la distancia radial de la unidad de exploración 10 desde el eje longitudinal A del objeto se selecciona mayor que el radio del objeto 20 de forma cilíndrica, de manera que aquí existe una exploración del objeto 20 de forma cilíndrica designada como exploración exterior. La división de medición de la reflexión 21 está dispuesta en este caso sobre el lado exterior del objeto 20. En este caso, se selecciona el radio R según $R > 0$.

Por lo tanto, además de las consideraciones anteriores, en el presente ejemplo de realización hay que tener en cuenta todavía que la rejilla de emisión 3 está dispuesta sobre un sustrato transparente 14, en forma de plaquitas, que se encuentra de la misma manera en la trayectoria de los rayos de exploración y, en concreto, en la trayectoria de los rayos de exploración tanto entre la rejilla de emisión 13 y la división de medición de la reflexión 21 como también entre la división de medición de la reflexión 21 y el plano de detección con el detector 12. Si la rejilla de

emisión 13 o bien el plano de detección según las ecuaciones 6 – 3 anteriores se encuentra a la distancia normal u o bien v ópticamente efectiva con respecto a la división de medición de la reflexión 21, entonces en este caso las distancias normales u , v ópticamente efectivas deben ser corregidas a los valores de las distancias reales u' o bien v' , que se designan a continuación como distancias normales físicas u' , v' . Si el sustrajo 14 posee el índice de refracción n_S y el espesor $t_S = t_D$, entonces se incrementan las distancias normales u , v ópticamente efectivas en buena aproximación de la siguiente manera sobre las distancias normales físicas u' , v' :

$$u' = u + \left(1 - \frac{1}{n_S}\right) t_S \quad (\text{Gl. 15.1})$$

$$v' = v + \left(1 - \frac{1}{n_S}\right) t_D \quad (\text{Gl. 15.2})$$

t_S := Espesor del sustrato entre la rejilla de emisión y la división de medición de la reflexión
 t_D := Espesor del sustrato entre la división de medición de la reflexión y el plano de detección

En el ejemplo de realización representado del dispositivo de medición de la posición, como se deduce a partir de la figura 2, la distancia normal física v' entre el detector 12 y la división de medición de la reflexión 21 es mayor que la distancia normal física u' entre la rejilla de emisión 13 y la división de medición de la reflexión 21. Las distancias normales físicas u' y v' se diferencian en este caso en la distancia normal ε , que ha sido seleccionada de acuerdo con la ecuación 11 anterior.

En el ejemplo de realización de la figura 2 con la exploración exterior prevista allí de la división de medición de la reflexión 21 y la división de emisión sobre el lado alejado de la división de medición de la reflexión 21, por ejemplo, los parámetros específicos del sustrato o bien los espesores del sustrato $t_S = t_D$ y n_S se predeterminan de la siguiente manera:

$$t_S = t_D = 0,5 \text{ mm}$$

$$n_S = 1,51 \text{ (BK7)}$$

Con la ayuda de las ecuaciones 15.1, 15.2, 13, 11, 8 y 7 resulta entonces para las distancias normales físicas u' y v' :

$$u' = 0,882 \text{ mm}$$

$$v' = 0,985 \text{ mm}$$

Un tercer ejemplo de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención se representa en la figura 3; está prevista de nuevo una exploración exterior con $R > 0$. Esta variante se diferencia del ejemplo de realización anterior solamente porque la rejilla de emisión 113 está dispuesta en la unidad de exploración 110 ahora sobre el lado del sustrato 114 en forma de plaquitas, que está dirigido hacia la división de medición de la reflexión 121. Los parámetros específicos del sustrato o bien los espesores del sustrato mencionados anteriormente son entonces $t_S = 0$ y $t_D > 0$, de manera que sólo es necesaria todavía la transformación de la distancia normal v ópticamente efectiva en la distancia normal física v' según la ecuación 15.2. Con los parámetros t_D y n_S específicos del sustrato siguientes según

$$t_D = 0,15 \text{ mm}$$

$$n_S = 1,51 \text{ (BK7)}$$

resulta con la ayuda de las ecuaciones 15.2, 13, 11, 8 y 7 entonces para las distancias normales u y v'

$$u = 0,714 \text{ mm}$$

$$v' = 0,867 \text{ mm.}$$

Por lo demás, esta variante corresponde al ejemplo de realización explicado anteriormente.

Un cuarto ejemplo de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención se representa en la figura 4. El objeto 220 de forma cilíndrica no está configurado ahora como tambor macizo como en los ejemplos de realización anteriores, sino que está constituido sólo de un anillo cilíndrico. Éste está dispuesto de manera giratoria alrededor del eje longitudinal A del objeto. En el lado interior del anillo cilíndrico está dispuesta la

división de medición de la reflexión 221 y en el interior del anillo cilíndrico está dispuesta la unidad de exploración 210 con fuente de luz 211, rejilla de emisión 213 y detector 212. Por lo tanto, en este ejemplo de realización existe una exploración de la división de medición de la reflexión 221 designada a continuación como exploración interior. Esto significa que la distancia radial de la unidad de exploración 210 desde el eje longitudinal A del objeto se selecciona menor que el radio R del objeto 220 de forma cilíndrica. Las ecuaciones 5, 6 así como 10-13 anteriores se pueden utilizar también en este caso, cuando para el radio R se emplea un valor negativo correspondiente, es decir, que para la exploración interior se aplica $R < 0$. A partir de la ecuación 11 resulta para la distancia ε entre la rejilla de emisión 213 y el detector 212 entonces de la misma manera un valor negativo. Esto significa que la rejilla de emisión 213 está más alejada de la división de medición de la reflexión 221 que el plano de detección, como se deduce a partir de la figura 4. Esta forma de realización es especialmente ventajosa cuando el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención debe montarse, por ejemplo, sobre el lado interior de un alojamiento.

Tanto en la exploración exterior como también en la exploración interior, en el dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención está previsto, por lo tanto, que la posición ópticamente efectiva de la rejilla de emisión esté dispuesta más cerca del eje longitudinal A del objeto o bien del eje de rotación del objeto que la posición ópticamente efectiva del detector o bien del plano de detección. La posición ópticamente efectiva de la rejilla de emisión se determina en este caso a través de la distancia normal u ópticamente efectiva entre la rejilla de emisión y la división de medición de la reflexión; la posición ópticamente efectiva del detector se determina a través de la distancia normal v ópticamente efectiva entre el detector y la división de medición de la reflexión.

Como se deduce, por lo demás, a partir de la figura 4, el sustrato en forma de plaquitas, sobre el que está dispuesta la rejilla de emisión 213, no se encuentra en la trayectoria de los rayos entre la rejilla de emisión 213, la división de medición de la reflexión 221 y el detector 212. Por lo tanto, en esta forma de realización no es necesaria una transformación de las distancias normales u , v ópticamente efectivas en distancias normales físicas u' , v' , es decir, que aquí se aplica $u = u'$ y $v = v'$.

En la figura 5 se representa de forma esquemática una quinta forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención. Aquí está prevista de nuevo una exploración exterior de la división de medición de la reflexión 321 dispuesta sobre el objeto 320 sobre la unidad de exploración 310, es decir, que se aplica de nuevo $R > 0$. La unidad de exploración 310 comprende en este caso, además del detector 312, solamente todavía una fuente de luz 311. En lugar de las fuentes de luz dilatadas en el espacio previstas en cada caso anteriormente con rejilla de emisión antepuesta, esta variante presenta como fuente de luz 311 una fuente de luz puntual adecuada, que suprime en este caso la rejilla de emisión. La fuente de luz puntual seleccionada presenta una superficie de emisión especialmente pequeña, siendo adecuados, por ejemplo, diodos láser o, en cambio, LEDs con superficie de emisión pequeña correspondiente. Con preferencia, la dilatación de la superficie de emisión a lo largo de la dirección de medición es menor o igual a la mitad de la periodicidad d_s de la rejilla de emisión según la ecuación 14. Hay que observar con respecto a la dilatación de la superficie de emisión de la fuente de luz puntual a lo largo de la dirección de medición, además, que ésta puede no corresponder posiblemente a la periodicidad d_s de la rejilla de emisión o a un múltiplo de número entero de la misma. Esta fuente de luz puntual actúa, por lo tanto, como una rejilla de emisión con un único intersticio de emisión.

Como se deduce a partir de la figura 5, en el caso de la exploración exterior representada con $R > 0$, la distancia normal v ópticamente efectiva entre el detector 312 y la división de medición de la reflexión 321 se selecciona mayor que la distancia normal u ópticamente efectiva entre la zona de emisión de la fuente de luz puntual 311 y la división de medición de la reflexión 321, a saber, en la distancia ε , que ha sido determinada de acuerdo con las relaciones explicadas anteriormente.

En esta forma de realización del dispositivo de medición de la posición según la invención se ha revelado que es ventajoso que no es necesaria una rejilla de emisión.

Evidentemente, con una fuente de luz de forma puntual se puede realizar también una exploración interior con $R < 0$, en la que la distancia normal ópticamente efectiva entre el detector y la división de medición de la reflexión es menor que la distancia normal ópticamente efectiva entre la zona de emisión de la fuente de luz puntual y la división de medición de la reflexión.

Una sexta forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención se muestra de forma esquemática en la figura 6. A diferencia de los ejemplos de realización anteriores, aquí ahora la división de medición de la reflexión 421 explorada está configurada, en efecto, en forma de una llamada rejilla cruzada. Ésta comprende adicionalmente a la primera rejilla de los ejemplos de realización descritos anteriormente otra rejilla con zonas de división dispuestas periódicamente, que poseen diferentes propiedades ópticas, de manera que la dirección de la extensión longitudinal de las zonas parciales está orientada perpendicularmente al eje longitudinal A del objeto. Además, está prevista una segunda unidad de exploración 410b para la exploración óptica de la otra rejilla, de manera que sobre las dos unidades de exploración 410a, 410b se puede detectar según la técnica de

medición el movimiento de rotación del objeto 420 alrededor del eje longitudinal A del objeto como también el movimiento de traslación del objeto 420 a lo largo del eje longitudinal A del objeto.

5 Una séptima forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención se representa de forma esquemática en la figura 7. Una placa transparente 515 está dispuesta aquí adicionalmente entre la rejilla de emisión 513 y la división de medición de la reflexión 521. Pero la placa transparente 515, en virtud de la dilatación lateral limitada, no es recorrida por los haces de rayos, que se propagan desde la división de medición de la reflexión 521 de retorno hacia el plano de detección. De esta manera resultan diferentes espesores del sustrato t_S y t_D . Como particularidad de esta forma de realización resulta ahora que la rejilla de emisión 513 y el plano de detección están dispuestos, a través de una selección adecuada de los espesores del sustrato t_S y t_D , a la misma distancia normal física u' , v' con respecto a la división de medición de la reflexión 521, aunque las distancias normales u , v ópticamente efectivas correspondientes se diferencian en la distancia ε . Por lo tanto, aquí se aplica

$$u' = v' \quad (\text{Gl. 16})$$

15 La ecuación 17 proporciona junto con las ecuaciones 15.1 y 15.2 una condición para los espesores del sustrato t_S y t_D según

$$t_S - t_D = \frac{n_S}{n_S - 1} (v - u) \quad (\text{Gl. 17})$$

20 Con las ecuaciones 7 y 11 resulta de ello

$$t_S - t_D = \frac{n_S}{n_S - 1} \cdot \frac{u^2}{R} \quad (\text{Gl. 18})$$

25 En el caso de utilización de una rejilla de amplitudes como división de medición de la reflexión 521 debe establecerse la distancia normal u ópticamente efectiva con la condición adicional según la ecuación 13.

30 La séptima forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención puede ser especialmente ventajosa para una variante interferencial cuando – como se describe a continuación – en el plano de detección son necesarias rejillas, que deben fabricarse sobre el mismo sustrato que la rejilla de emisión. Se puede utilizar también de manera similar para una división de medición de la reflexión, que se aplica sobre el lado interior de un anillo cilíndrico. En este caso, la placa transparente debe cubrir la dilatación del detector – no reconocible en la figura -, pero no la de la rejilla de emisión.

35 Como ya se ha indicado anteriormente, es posible configurar, en lugar de una división de medición de la reflexión prevista como rejilla de amplitudes, una división de medición de la reflexión como rejilla de fases. Si se selecciona la subida de las fases de la rejilla de fases igual a $\lambda/4$, entonces la rejilla suministra, de manera similar a la rejilla de amplitudes, órdenes de difracción nulas y primeras en reflexión, que contribuyen a la generación de la señal. En las ecuaciones anteriores 3, 12 y 13 habría que seleccionar en este caso n como número fraccionario, es decir, $n = 0,5, 1,5, 2,5, \dots$

40 El dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención se puede configurar, por lo tanto, también como sistema interferencial de alta resolución con una periodicidad muy pequeña de la división de medición de la reflexión. En tal sistema interferencial, se selecciona la división de medición de la reflexión como división de medición de rejillas de fases con orden de difracción nula suprimida. Los principios de tal exploración se describen la publicación citada anteriormente de R.M. Pettigrew como "imagen de difracción". La particularidad en esta exploración es que se suprime la condición de Talbot según las ecuaciones 3, 12, y 13. De esta manera, a pesar de periodicidades pequeñas de la división de medición de la reflexión, son posibles tolerancias de distancias muy grandes. La periodicidad de la división de medición de la reflexión se divide por la mitad en este caso, de manera que en lugar de la ecuación 8 mencionada arriba, se aplica la ecuación 8' siguiente:

$$m = \frac{2 d_D}{d_M} \quad (\text{Gl. 8'})$$

55 Las ecuaciones 9-11, 14 así como 15.1 y 15.2 se aplican en adelante inalteradas.

Con respecto a tal variante interferencial del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención se indican a continuación los datos concretos del dimensionado de un ejemplo de realización posible. Con $R = 10$ mm, $u = 1$ mm y 9000 periodos de división o bien 18000 periodos de la señal por cada revolución de la división de medición de la reflexión resultan las variables d , d_M y d_D de la siguiente manera

$$v = 1,2 \text{ mm}$$

$$d_M = 6,981 \text{ } \mu\text{m}$$

$$d_D = 8,517 \text{ } \mu\text{m}$$

En este caso se ha revelado que es problemática la fabricación de foto detectores estructurados con tal periodicidad d_D pequeña. Este problema se puede solucionar cuando en lugar del detector en el plano de detección se dispone una rejilla, cuya periodicidad d_V se desvía en una medida insignificante de la periodicidad d_D del detector. En este caso, en el plano de detección de un detector dispuesto a continuación de la rejilla resulta entonces un patrón de franjas con una periodicidad claramente incrementada. Este patrón de franjas puede ser detectado entonces fácilmente por medio de un detector con periodicidad del detector d_{str} claramente incrementada. En este caso, se aplica:

$$\frac{1}{d_V} = \frac{1}{d_D} \pm \frac{1}{d_{str}} \quad (\text{Gl. 19})$$

d_V := Periodicidad de la rejilla adicional en el plano de detección

d_D := Periodicidad del detector

d_{str} := Periodicidad del detector estructurado

En el presente ejemplo de dimensionado, se puede empelar de esta manera como detector un foto detector estructurado con una periodicidad $d_{str} = 40$ mm, cuando se utiliza una rejilla correspondiente con una periodicidad $d_V = 7,022$ mm.

En otra forma de realización alterativa del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención, a diferencia de la figura 6, la división de medición de la posición puede estar realizada como rejilla en cruz, cuyas direcciones de la rejilla no se extienden axiales y azimutales, sino diagonales, con preferencia bajo 645° con respecto al eje longitudinal A del objeto. En este caso, a lo largo de las direcciones de la rejilla existe un radio de curvatura, que es mayor que R. En las fórmulas anteriores, por lo tanto, en lugar del radio R se puede emplear, respectivamente, el radio de curvatura R' a lo largo de las direcciones de la rejilla.

REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo de medición de la posición con

- 5 - un objeto de forma cilíndrica (2; 20; 120; 220; 420; 520) con una división de medición de la reflexión (2.1; 21; 121; 212; 421; 521) circunferencial en forma de anillo, que está dispuesta de forma giratoria alrededor del eje longitudinal del objeto (A), y
- 10 - una unidad de exploración (1; 10; 110; 410a, 410b, 510) estacionaria frente al objeto (2; 20; 120; 220; 420; 520) dispuesto de forma giratoria para la exploración óptica de la división de medición de la reflexión (2.1; 21; 121; 212; 421; 521) con una fuente de luz (11; 111; 211; 511), una rejilla de emisión (13; 113; 213; 513) y un detector (112; 212; 512), en la que los haces de rayos emitidos por la fuente de luz (11; 111; 211; 511) atraviesan la rejilla de emisión (13; 113; 213; 513), luego impulsan la división de medición de la reflexión (2.1; 21; 121; 212; 421; 521) y se realiza por ésta una retro-reflexión en la dirección del detector (112; 212; 512), sobre el que se pueden generar señales de posición dependientes de la rotación y
- 15 - porque la distancia normal (v) ópticamente efectiva entre el detector (112; 212; 512) y la división de medición de la reflexión (2.1; 21; 121; 212; 421; 521) en función del radio (R) del objeto (2; 20; 120; 220; 420; 520) de forma cilíndrica es mayor o menor que la distancia normal (u) ópticamente efectiva entre la rejilla de emisión (13; 113; 213; 513) y la división de medición de la reflexión (2.1; 21; 121; 212; 421; 521) y
- 20 - porque la distancia normal (ε) entre la rejilla de emisión (13; 113; 213; 513) y el detector (112; 212; 312; 512) más una tolerancia de +/- 20 % es

$$\epsilon = (2 \cdot u^2) / R$$

con

- 25 ε := Distancia normal entre rejilla de emisión y detector
- u := Distancia normal ópticamente efectiva desde la rejilla de emisión hasta la división de medición de la reflexión
- R := Radio del objeto de forma cilíndrica, en el que R > 0 para una exploración exterior y R < 0 para una exploración interior.

30 2.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 1, en el que con la excepción de la rejilla de medición (13; 113; 213; 513), no están dispuestos otros elementos ópticos entre la fuente de luz (11; 111; 211; 511) y la división de medición de la reflexión (2.1; 21; 121; 212; 421; 521).

35 3.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la división de medición de la reflexión (2.1; 21; 121; 212; 421; 521) está configurada como rejilla con zonas de división dispuestas periódicamente, que poseen diferentes propiedades ópticas, en el que la dirección de la extensión longitudinal de las zonas de división está orientada paralela o bajo 45° con respecto al eje longitudinal del objeto (A).

40 4.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 3, en el que

- 45 - la división de medición de la reflexión (421) comprende otra rejilla con zonas de división dispuestas periódicamente, que poseen diferentes propiedades ópticas, en el que la dirección de la extensión longitudinal de las zonas de división está orientada perpendicularmente al eje longitudinal del objeto (A) o bajo 45° con respecto al eje longitudinal del objeto (A) y
- está prevista una segunda unidad de exploración (410b) para la exploración óptica de la otra rejilla,
- de manera que a través de las unidades de exploración (410a, 41b) se puede detectar según la técnica de medición el movimiento de rotación del objeto (420) alrededor del eje longitudinal (A) del objeto como también el movimiento de traslación del objeto (420) a lo largo del eje longitudinal del objeto (A).

50 5.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, en el que la división de medición de la reflexión (2.1; 21; 121; 212; 421; 521) está configurada como rejilla de amplitudes.

55 6.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, en el que la división de medición de la reflexión (2.1; 21; 121; 212; 421; 521) está configurada como rejilla de fases.

7.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la distancia radial de la unidad de exploración (1; 10; 110; 410a, 410b, 510) desde el eje longitudinal (A) del objeto se selecciona mayor que el radio (R) del objeto (2; 20; 120; 420; 520) de forma cilíndrica.

60 8.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la distancia radial de la unidad de exploración (210) desde el eje longitudinal (A) del objeto se selecciona menor que el radio (R) del objeto (220) de forma cilíndrica.

9.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la fuente de luz (11; 111; 211; 511) está configurada como fuente de luz extendida en el espacio.

5 10.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la rejilla de emisión (13) está dispuesta sobre un sustrato (14) transparente en forma de plaquitas, que se encuentra de la misma manera en la trayectoria de los rayos de exploración entre la rejilla de emisión (13) y la división de medición de la reflexión (21) así como entre la división de medición de la reflexión (21) y el detector (12), en el que las distancias normales físicas (u' , v') resultan de la siguiente manera a partir de las distancias normales (u , v) ópticamente efectivas

$$10 \quad u' = u + \left(1 - \frac{1}{n_S}\right) t_S$$

$$v' = v + \left(1 - \frac{1}{n_S}\right) t_D$$

con

15 u := Distancia normal ópticamente efectiva desde la rejilla de emisión hasta la división de medición de la reflexión
 u' := Distancia normal física desde la rejilla de emisión hasta la división de medición de la reflexión
 v := Distancia normal ópticamente efectiva desde la división de medición de la reflexión hasta el plano de detección D
20 v' := Distancia normal física desde la división de medición de la reflexión hasta el plano de detección D
 n_S := Índice de refracción del sustrato
 t_S := Espesor del sustrato entre la rejilla de emisión y la división de medición de la reflexión
 t_D := Espesor del sustrato entre la división de medición de la reflexión y el plano de detección.

25 11.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la rejilla de medición (113) está dispuesta sobre el lado de un sustrato (114) transparente en forma de plaquitas, que está dirigido hacia la posición de medición de la reflexión (121), en el que la distancia normal física (v') resulta a partir de la distancia normal (v) ópticamente efectiva de la siguiente manera

$$30 \quad v' = v + \left(1 - \frac{1}{n_S}\right) t_D$$

con

35 v := Distancia normal ópticamente efectiva desde la posición de medición por reflexión hasta el plano de detección D
 v' := Distancia normal física desde la desde la posición de medición por reflexión hasta el plano de detección D
 n_S := Índice de refracción del sustrato
 t_D := Espesor del sustrato entre la división de medición de la reflexión y el plano de detección.

40 12.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la posición ópticamente efectiva de la rejilla de emisión (13; 113; 213; 513) está más cerca del eje longitudinal del objeto (A) que la posición ópticamente efectiva del detector (112; 212; 512), en el que la posición ópticamente efectiva de la rejilla de emisión (13; 113; 213; 513) está determinada por la distancia normal (u) ópticamente efectiva entre la rejilla de emisión (13; 113; 213; 513) y la división de medición de la reflexión (2.1; 21; 121; 212; 421; 521) y la posición ópticamente efectiva del detector (112; 212; 512) a través de la distancia normal (v) ópticamente efectiva entre el detector (112; 212; 512) y la división de medición de la reflexión (2.1; 21; 121; 212; 421; 521).

13.- Dispositivo de medición de la posición con

- 50 - un objeto de forma cilíndrica (320) con una división de medición de la reflexión (321) circunferencial en forma de anillo, que está dispuesta de forma giratoria alrededor del eje longitudinal del objeto (A), y
- una unidad de exploración (310) estacionaria frente al objeto (320) dispuesto de forma giratoria para la exploración óptica de la división de medición de la reflexión (321) con una fuente de luz puntual (311), y un detector (312), en la que los haces de rayos emitidos por la fuente de luz puntual (311) impulsan la división de medición de la reflexión (321) y se realiza por ésta una retro-reflexión en la dirección del detector (312),
- 55

- sobre el que se pueden generar señales de posición dependientes de la rotación y
- la distancia normal (v) ópticamente efectiva entre el detector (312) y la división de medición de la reflexión (321),
 - 5 - en el caso de una exploración exterior es mayor que la distancia normal (u) ópticamente efectiva entre la zona de emisión de la fuente de luz puntual (311) y la división de medición de la reflexión (321)
 - o
 - en el caso de una exploración interior es menor que la distancia normal (u) ópticamente efectiva entre la zona de emisión de la fuente de luz puntual (311) y la división de medición de la reflexión (321)
 - 10 y
 - porque la distancia normal (ε) entre la zona de emisión de la fuente de luz puntual (311) y el detector (112; 212; 312; 512) más una tolerancia de +/- 20 % es

$$\varepsilon = (2 \cdot u^2) / R$$

15 con

ε := Distancia normal entre rejilla de emisión y la zona de emisión de la fuente de luz puntual
 u := Distancia normal ópticamente efectiva desde la zona de emisión de la fuente de luz puntual hasta la división de medición de la reflexión
 20 R := Radio del objeto de forma cilíndrica, en el que $R > 0$ para una exploración exterior y $R < 0$ para una exploración interior.

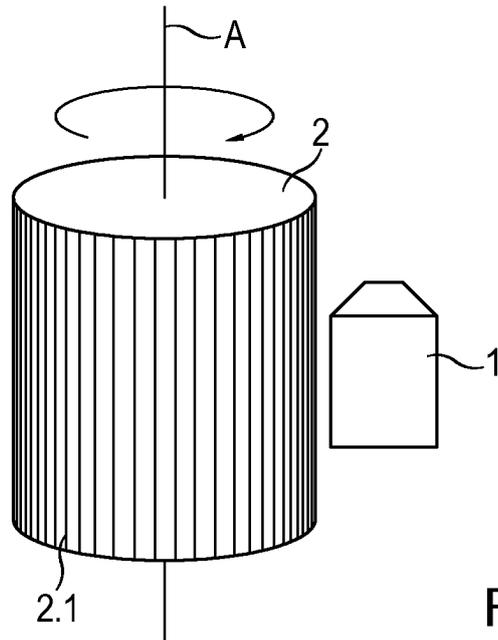


Fig. 1a

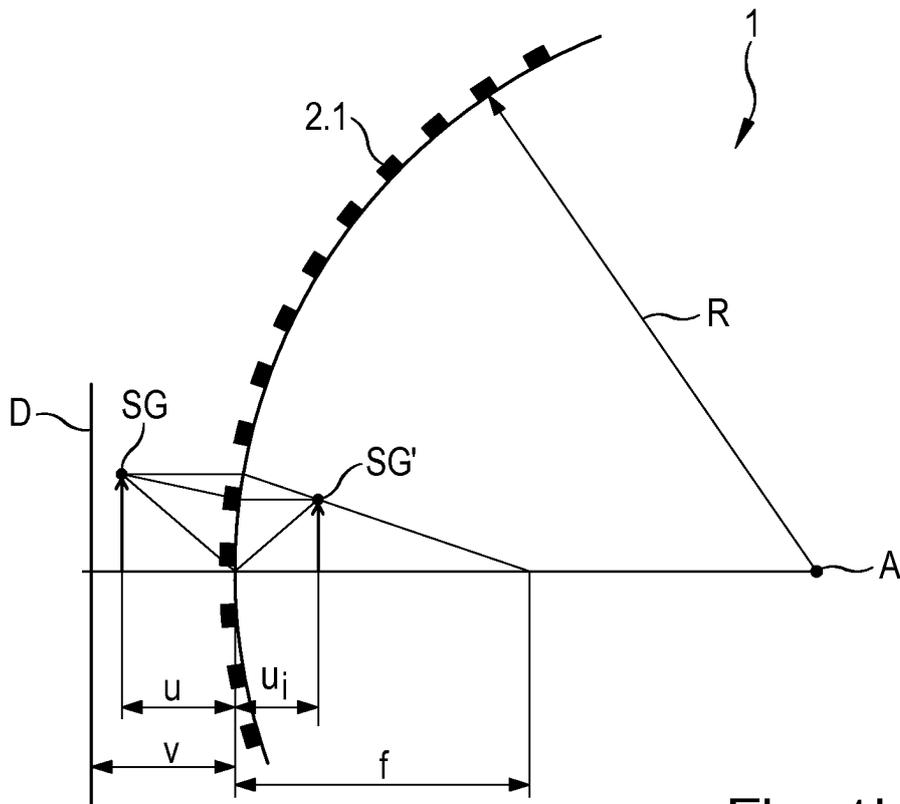


Fig. 1b

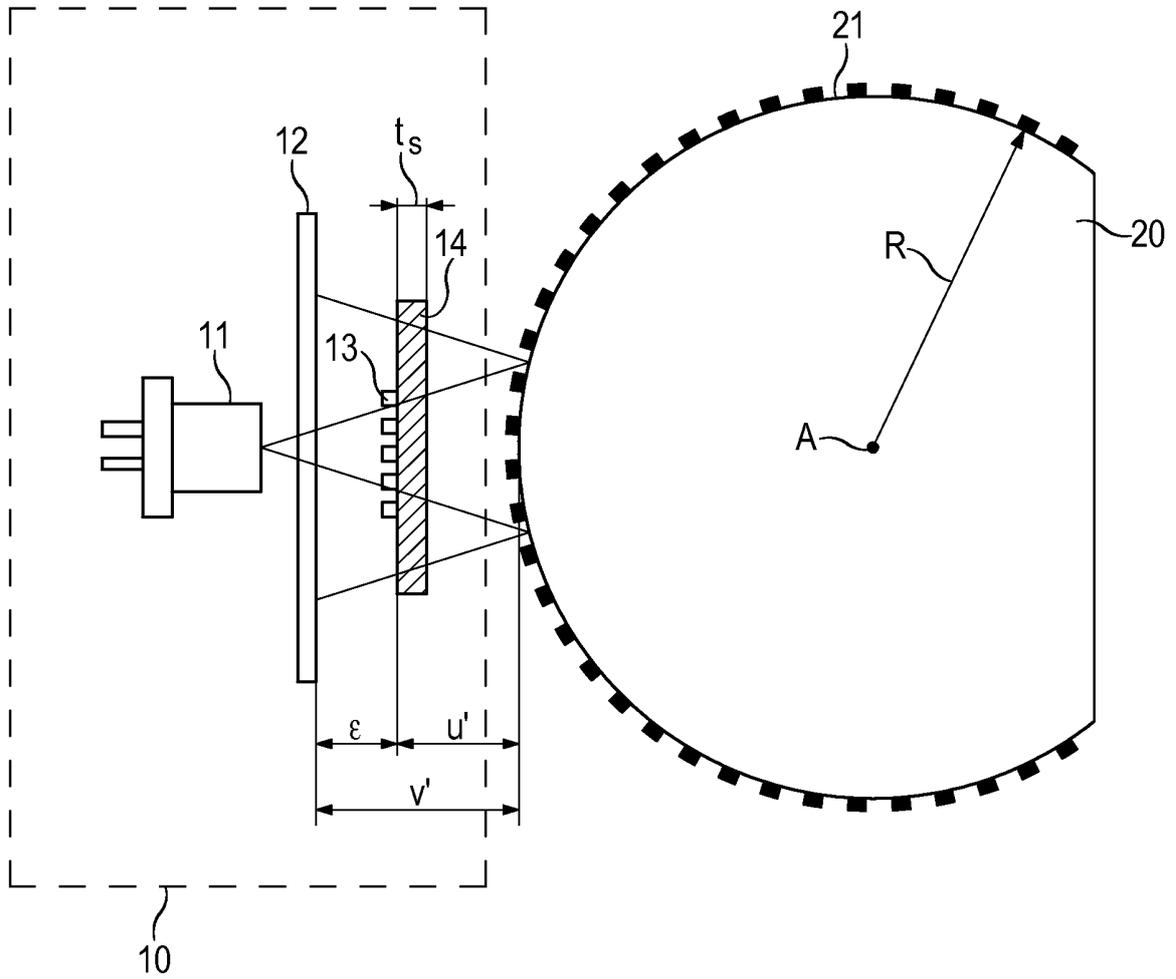


Fig. 2

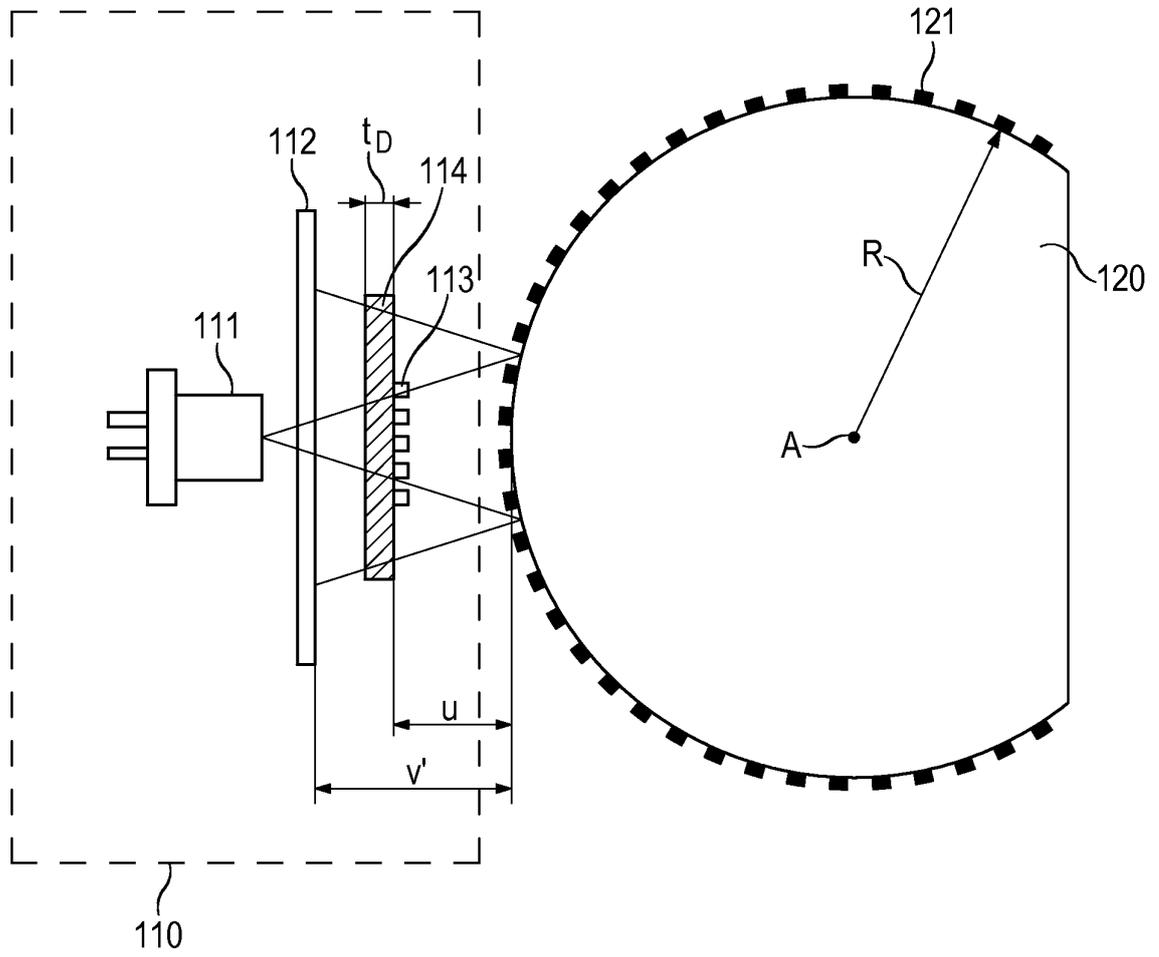


Fig. 3

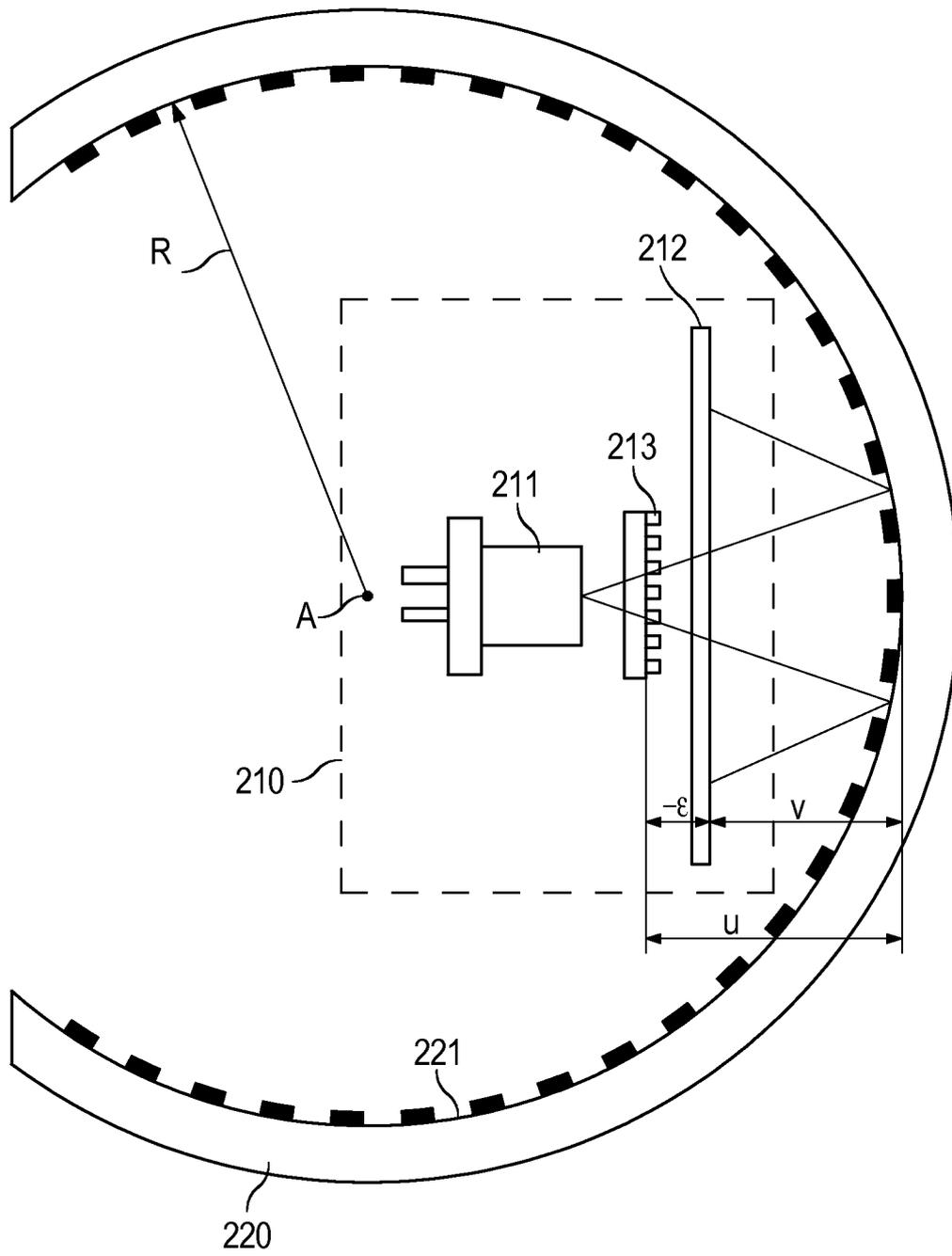


Fig. 4

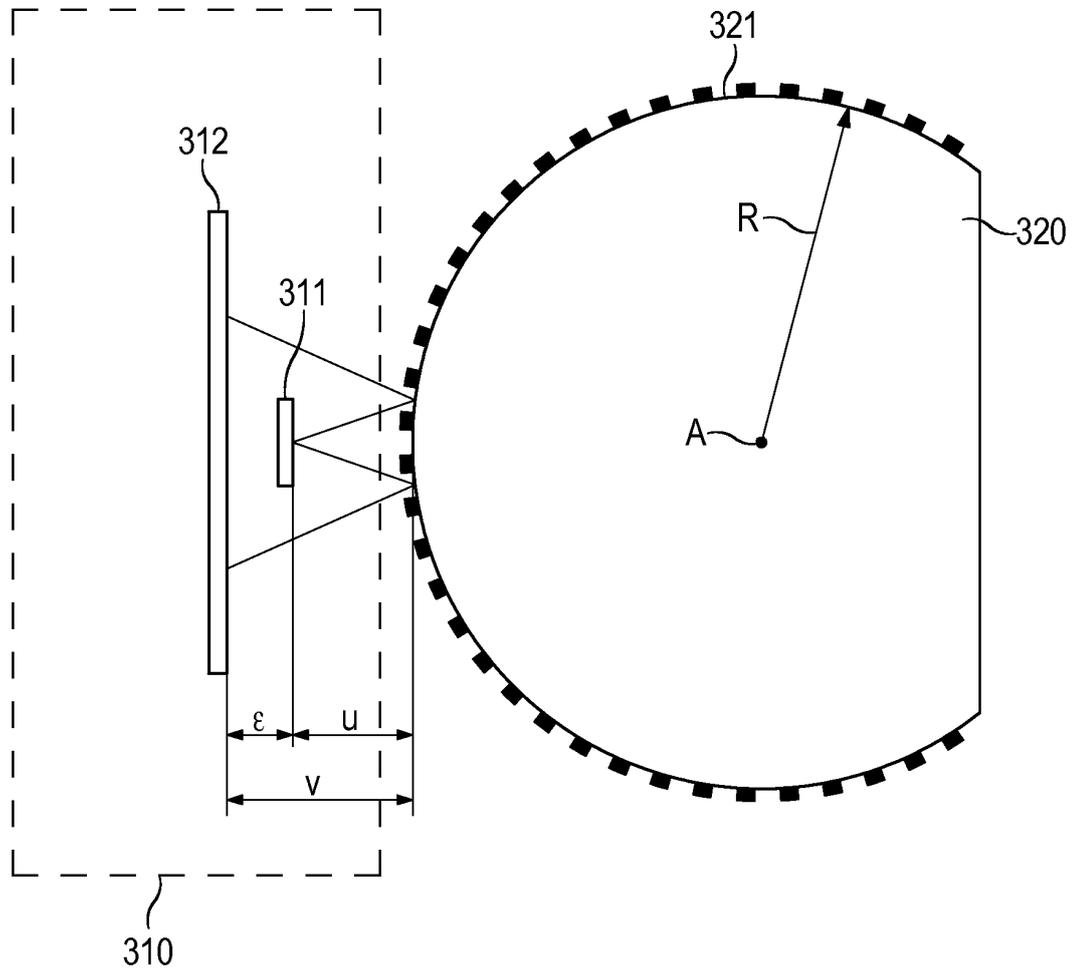


Fig. 5

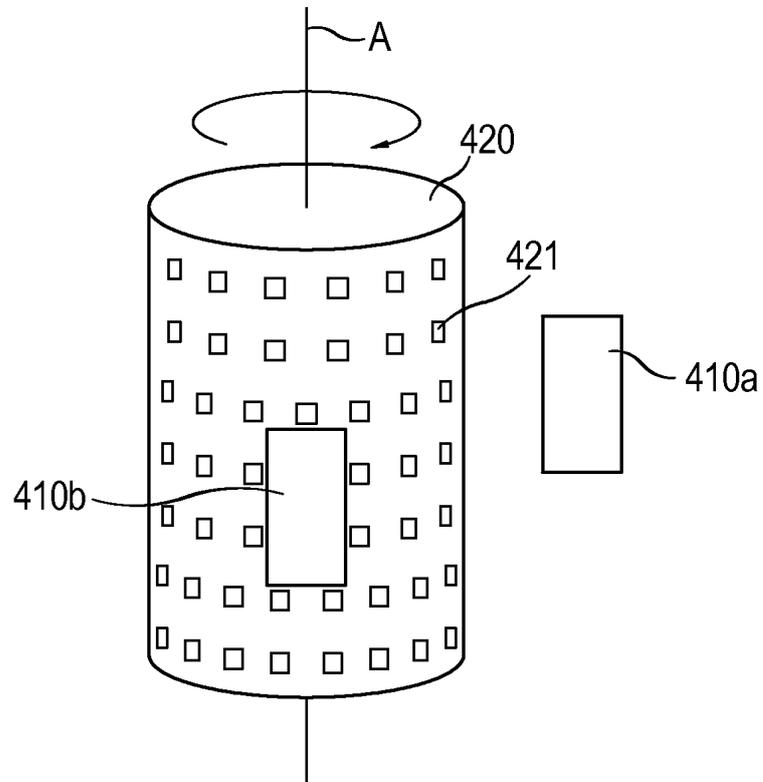


Fig. 6

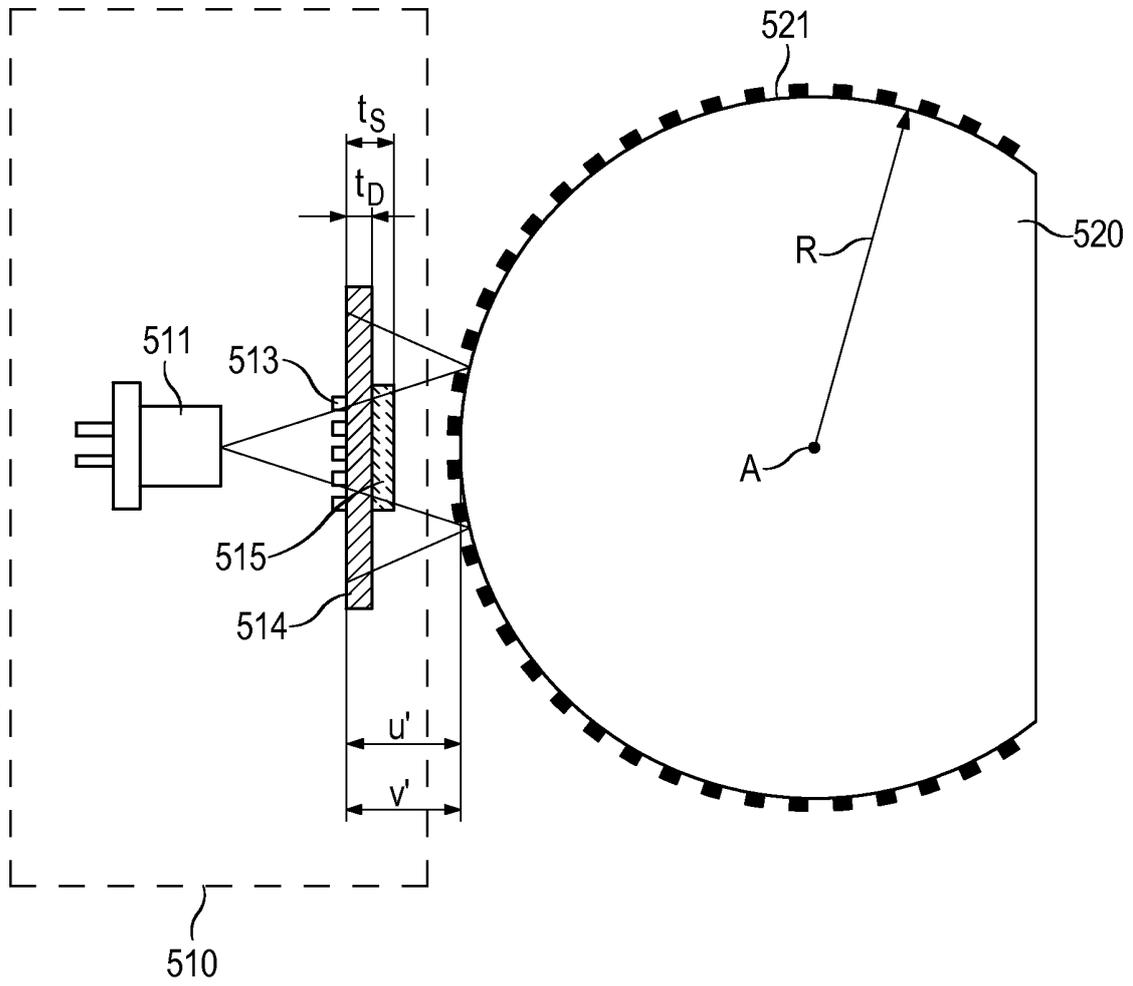


Fig. 7