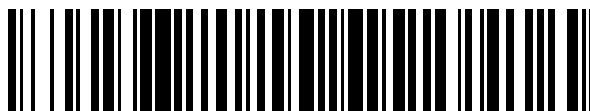


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 822 910**

51 Int. Cl.:

**G01D 5/38** (2006.01)

**G01D 5/347** (2006.01)

**G02B 5/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2017 E 17198730 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2020 EP 3321641**

54 Título: **Estructura de malla para un dispositivo óptico de medición de posición**

30 Prioridad:

**09.11.2016 DE 102016222000**

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

**05.05.2021**

73 Titular/es:

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH (100.0%)**

**Dr.-Johannes-Heidenhain-Str. 5**

**83301 Traunreut, DE**

72 Inventor/es:

**WEIDMANN, JOSEF y  
SPECKBACHER, PETER**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 822 910 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**

Estructura de malla para un dispositivo óptico de medición de posición

5 CAMPO DE LA TÉCNICA

El presente invento se refiere a una estructura de malla para un dispositivo óptico de medición de posición.

10 ESTADO DE LA TÉCNICA

En los dispositivos ópticos de medición de posición los cuerpos a medir son detectados ópticamente mediante principios de detección conocidos para generar señales dependientes de la posición.

Los dispositivos para medición de posición para ello utilizados comprenden estructuras de malla con zonas de partición alternantes que presentan diferentes propiedades ópticas. Por ejemplo, en el caso de una detección por luz incidente puede estar previsto un cuerpo a medir por reflexión con una estructura de malla que consiste en zonas de partición situadas alternadamente con mayor y menor reflectividad. En el caso de detecciones por luz emitida en el cuerpo a medir por transmisión se colocan estructuras de malla con zonas de partición de diferente permeabilidad; además se conocen sistemas que presentan estructuras de malla por malla de fase que comprenden zonas de partición con diferentes acciones que desplazan la fase, etc.

20 Por fuera de los lados del cuerpo a medir, este tipo de estructuras de malla pueden ser necesarias además sobre otros componentes del dispositivo para medición de posición, por ejemplo, sobre la placa de detección que se utiliza para la detección óptica del cuerpo a medir.

25 Con resolución cada vez mayor del dispositivo para medición de posición cada vez son más necesarias menores estructuras a los lados de las estructuras de malla utilizadas. Los anchos de las estructuras de malla correspondientes a las zonas de partición en forma de tira están entonces en el tamaño del orden de 100nm a 20  $\mu\text{m}$ . Para la fabricación de este tipo de estructuras de malla tan finas se utilizan impresoras de chorro de electrones o impresoras de rayo láser con cuya ayuda se imprimen las máscaras para el correspondiente procedimiento de litografías sobre la que finalmente se produce la fabricación en serie de las estructuras de malla por un procedimiento de copiado. En el caso de geometrías ortogonales de las zonas de partición en la estructura de malla no se presentan grandes dificultades. El problema es sin embargo la fabricación de estructuras de malla cuando las zonas de partición presentan líneas de límite las cuales discurren curvadas, como mínimo parcialmente. Entonces puede tratarse por ejemplo de líneas de límite curvadas en el caso de estructuras de malla difractivas etc...Este tipo de líneas de límite en las estructuras de malla deben ser aproximadas de manera adecuada puesto que las impresoras de chorro de electrones o de rayo láser utilizadas para la fabricación de las máscaras trabajan por lo general, con sistemas de coordenadas ortogonales, en concreto en sistemas de coordenadas de referencia anteriormente mencionados. Los procedimientos conocidos hasta ahora aproximan tales líneas de límite de zonas de partición de manera que estas líneas de límite presentan zonas que en los límites de zona presentan cambios abruptos en la rugosidad de los bordes. Habitualmente, la finalidad de este procedimiento es seguir la línea de límite no ortogonal en donde la longitud de la zona de líneas de límite sobre la que se calcula puede estar entre pocos 100nm hasta varios 100 $\mu\text{m}$ . Si en el camino del rayo de detección de los dispositivo para medición de posición se encuentran ahora estructuras de malla con zonas de partición que presentan líneas de límite aproximadas de esa manera el resultado son frentes de onda distorsionados que en la zona de alta precisión pueden perjudicar la exactitud de medida de los dispositivo para medición de posición.

45 Por la publicación de P.P. Naulleau et al., Fabrication of high-efficiency multilayer-coated binary blazed gratings in the EUV-regime, OPTICS COMMUNICATIONS, Elsevier, Amsterdam, Bd. 200, Nro. 1 – 6, Diciembre 2001, Págs. 27 – 34, así como del documento WO 2004/025335 A1 se conocen procedimientos de aproximación para líneas de límite rectas de malla marcada en la que estas son aproximadas por líneas escalonadas.

50 El documento US 7.349.599 B1 publica procedimientos de aproximación para líneas de límite curvadas de estructuras de malla ópticas en el que estas pueden ser aproximadas por líneas escalonadas.

55 SUMARIO DEL INVENTO

El presente invento tiene como base la misión de crear estructuras de malla para un dispositivo óptico de medición de posición en el que las líneas de límite de zonas de partición, las cuales discurren curvadas como mínimo parcialmente, presentan un trazado de rugosidad de bordes sin saltos abruptos. Esta misión será resuelta de acorde con el invento por una estructura de malla para un dispositivo para medición de posición de acuerdo con las características de la reivindicación 1.

60 Reivindicaciones ventajosas de la estructura de malla acorde con el invento se desprenden de las medidas expuestas en las reivindicaciones dependientes.

65 La estructura de malla acorde con el invento para un dispositivo para medición de posición comprende zonas de partición que como mínimo presentan una línea de límite la cual discurre curvada, como mínimo parcialmente.

La línea de límite está aproximada como mínimo parcialmente, por una línea escalonada que está compuesta por primeras y segundas zonas de líneas de escalera consecutivas orientadas ortogonalmente una con otra, las cuales limitan una con otra en puntos de escalones de escalera y están orientadas paralelas a los dos ejes de coordenadas de un sistema de coordenadas de referencia ortogonal. La línea de escalera está ajustada entre dos paralelas de aproximación que discurren vecinas por ambos lados a la línea de límite cada una a igual distancia, en donde los puntos de escalones de escalera están sobre las paralelas de aproximación. Por ello la distancia entre un punto de escalones de escalera y el punto de escalones de escalera siguiente más próximo depende siempre del ángulo que resulta entre la línea de límite y una primera zona de línea de escalera entre ambos puntos de escalones de escalera, que está orientado hacia un primer eje de coordenadas del sistema de coordenadas de referencia.

Con valores del ángulo entre la línea de límite y la primera zona de líneas de escalera de 45°, 135°, 225° o 315° la separación puede poseer un valor mínimo, mientras que con la aproximación del ángulo a valores de 0°, 90°, 180° o 270° la separación aumenta en continuo.

También es posible que con un valor del ángulo entre la línea de límite y la primera zona de líneas de escalera de 45° la separación posea un valor mínimo, mientras que con la aproximación del ángulo a valores de 0° y 90° la separación converge simétricamente en continuo hacia el infinito.

En una posible forma de realización puede estar previsto que para el caso en que el recorrido de la línea de límite esté caracterizado por una función  $f(x)$ , la separación se obtenga según la siguiente relación:

$$d = 2 h (f'(x) + 1/f'(x))$$

con:

$d$ : = Separación entre un punto de escalones de escalera y el siguiente punto de escalones de escalera más próximo

$f(x)$ : = función que caracteriza el recorrido de la línea de límite

$x$ : = posición a lo largo del primer eje de coordenadas

$f'(x)$ ; =  $df(x)/dx$  (derivada de  $f(x)$ )

$h$ : = separación perpendicular entre la línea de límite y los puntos de escalones de escalera

También es posible que la separación dependa según la siguiente relación de ángulos entre la línea de límite y la primera zona de líneas de escalera:

$$d = 2 h (\tan \alpha + 1/\tan \alpha)$$

con:

$d$ : = Separación entre un punto de escalones de escalera y el siguiente punto de escalones de escalera más próximo

$\alpha$ : = ángulo entre la línea de límite y una primera zona de líneas de escalera entre los puntos de escalones de escalera

$h$ : = separación perpendicular entre la línea de límite y los puntos de escalones de escalera

Además puede estar previsto que líneas de límite opuestas de una zona de partición sean aproximadas por zonas de líneas de escalera que a lo largo de un eje de coordenadas del sistema de coordenadas de referencia presentan igual posición.

Para ello la posición de la zona de líneas de escalera puede ser seleccionada a lo largo del otro eje de coordenadas de manera que ambas superficies resultantes entre la zona de líneas de escalera y la línea de límite que se forman a ambos lados de la línea de límite, son de igual superficie.

Además es posible que

- En una primera zona parcial de una zona de partición las líneas de límite opuestas de la zona de partición están aproximadas por zonas de líneas de escalera que a lo largo de un primer eje de coordenadas del sistema de coordenadas de referencia presentan igual posición y
- en una segunda zona parcial de la zona de partición las líneas de límite opuestas de la zona de partición están aproximadas por zonas de líneas de escalera que a lo largo de un segundo eje de coordenadas del sistema de coordenadas de referencia presentan igual posición.
- en donde ambas zonas parciales chocan una con otra en una zona limítrofe.

Por ello varias zonas de partición vecinas pueden presentar una forma similar y la posición de las zonas limítrofes entre las zonas parciales en las diferentes zonas de partición pueden ser elegidas diferentes.

Además, la posición de las zonas limítrofes entre las zonas parciales puede ser elegida de manera que esas lleguen a estar en una zona de la estructura de malla que se encuentre por fuera de la zona óptica utilizada.

Es posible que las zonas de partición formen una partición radial sobre un cuerpo a medir y/o una malla óptica activa sobre una placa de detección.

5 Un dispositivo óptico de medición de posición puede presentar un cuerpo a medir y/o una placa de detección con una estructura de malla acorde con el invento.

10 En la estructura de malla acorde con el invento para un dispositivo óptico de medición de posición se ha demostrado como especialmente ventajoso que ahora las líneas de límite de las zonas de partición de la estructura de malla presenten un trazado de rugosidad de borde que está libre de abruptos cambios en los anchos o posiciones de las zonas de partición de la estructura de malla. Con ello en la detección óptica de este tipo de estructuras de malla, especialmente se pueden minimizar perturbaciones del frente de onda. Entonces en el dispositivo para medición de posición en el que se utilizan estas estructuras de malla se obtienen señales de detección con fallos minimizados. Por ejemplo, estructuras de malla acordes con el invento pueden ser utilizadas a los lados del cuerpo de medición y/o a los lados de la placa de detección.

15 Otros detalles y ventajas del presente invento serán explicados sobre la base de la siguiente descripción de ejemplos de realización de la estructura de malla acorde con el invento para un dispositivo óptico de medición de posición, en unión con las figuras.

20 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se muestra:

25 La Fig. 1, una representación fuertemente esquematizada de un dispositivo óptico de medición de posición; la Fig. 2, una vista en planta superior sobre la placa de detección del dispositivo para medición de posición de la figura 1 con estructuras de malla construidas acordes con el invento; la Fig. 3, una representación parcial a escala aumentada de las estructuras de malla sobre la placa de detección; la Fig. 4, una parte de una línea de límite de una zona de partición sobre la estructura de malla de la figura 3; la Fig. 5, una zona de partición de otro ejemplo de realización de la estructura de malla acorde con el invento con líneas de límite situadas una frente a otra; la Fig. 6, una zona de partición totalmente aproximada de otro ejemplo de realización de la estructura de malla acorde con el invento; las Figs. 7a, 7b, cada una de ellas, una representación de estructuras de malla con varias zonas de partición curvadas para aclarar otra variante de la estructura de malla acorde con el invento; la Fig. 8, una vista en planta superior sobre el cuerpo de medición de un dispositivo para medición de posición giratorio con estructuras de malla que forman una partición radial; la Fig. 9, una representación parcial a escala aumentada de las estructuras de malla sobre el cuerpo de medición de la figura 8.

40 DESCRIPCIÓN DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN

45 De manera fuertemente esquematizada la figura 1 muestra un dispositivo óptico de medición de posición en el que en diferentes posiciones pueden utilizarse estructuras de malla construidas acordes con el invento. El ejemplo de realización representado del dispositivo para medición de posición sirve para la detección de movimientos a lo largo de una dirección de medición MR recta. Con este fin el dispositivo para medición de posición comprende un cuerpo de medición 10 así como una unidad de detección 20 móvil en relación al mismo a lo largo de la dirección de medición MR. Por medio de una detección óptica por iluminación del cuerpo de medición 10 con ayuda de la unidad de detección 20, en el dispositivo para medición de posición se generan señales que dependen de la posición que son procesadas a continuación en un dispositivo de control no representado. El cuerpo de medición 10 y la unidad de detección 20 están unidos, por ejemplo, con componentes de máquina que pueden moverse unos respecto a otros a lo largo de la dirección de medición MR. Sobre la base de las señales suministradas por el dispositivo para medición de posición el dispositivo de control posiciona las correspondientes piezas de máquina.

55 El cuerpo de medición 10 está construido preferentemente como cuerpo de medición por reflexión. Es decir, la correspondiente estructura de malla 12 está compuesta por zonas de partición 12.1, 12.2 situadas alternadamente a lo largo de la dirección de medición MR con reflectividad más alta y más baja, que están situadas sobre un cuerpo soporte 11. Las zonas de partición 12.1, 12.2 de la estructura de malla 12 a los lados del cuerpo de medición 10 tienen por ello forma de tira o forma de rectángulo, en donde sus ejes longitudinales se extienden perpendiculares al plano del dibujo y con ello en el plano del cuerpo de medición perpendicular a la dirección de medición MR. En el ejemplo de realización representado de un dispositivo óptico de medición de posición la estructura de malla 12 del lado del cuerpo de medición está construida convencional, es decir, las líneas de límite de las zonas de partición están orientadas paralelas u ortogonales a un sistema de coordenadas de referencia con los ejes de coordenadas x, y ortogonales. Una estructura de malla 26 acorde con el invento está prevista en este ejemplo solo a los lados de la unidad de detección 20.

65 La unidad de detección 20 que puede moverse respecto del cuerpo de medición 10 comprende en esencia una fuente de luz 21, una placa de detección 22 así como un dispositivo detector 23 opto – electrónico. Sobre un

cuerpo soporte 25 de la placa de detección 22 está situada preferiblemente la estructura de malla 26 construida acorde con el invento en forma de una rejilla de transmisión. La estructura de malla 26 está compuesta por zonas de partición 26.1, 26.2 situadas alternadamente a lo largo de la dirección de medición MR con mayor y menor permeabilidad. Con esto, sobre las zonas de partición 26.1, 26.2 de la estructura de malla 26 se construye una malla ópticamente activa sobre la placa de captación 22, que en el camino del rayo de detección adopta una funcionalidad determinada. Para una aclaración detallada de la estructura de malla 26 acorde con el invento les remitimos a la siguiente descripción.

Los haces de rayos emitidos por la fuente de luz 21 recorren en la unidad de detección 20, primeramente la placa de detección 22 con la estructura de malla 26 situada sobre ella, se encuentran después sobre el cuerpo de medición 10 y son reflejados por él hacia atrás en dirección de la unidad de detección 20. Aquí, los haces de rayos atraviesan nuevamente la placa de detección 22 con la estructura de malla 20 antes de que los haces de rayos, ahora con la forma de un modelo de luz resultante se encuentren con el dispositivo detector 23 opto – electrónico. El dispositivo detector 23 convierte el modelo de luz en señales eléctricas moduladas dependientes del desplazamiento, que a continuación son transmitidas para su procesamiento al dispositivo de control no mostrado.

El principio de detección óptica utilizado en concreto en el interior del dispositivo óptico de medición de posición no es relevante para el presente invento, es decir, aquí pueden utilizarse los más diferentes principios de detección. Por ejemplo, son adecuados procedimientos de detección de imagen pura, procedimientos de detección interferenciales, procedimientos de detección por reflexión, procedimientos de detección por transparencia, etc. Igualmente no es relevante para el presente invento si el dispositivo para medición de posición correspondiente suministra señales incrementales o señales de posición absoluta. Con esto, las estructuras de malla acorde con el invento pueden ser utilizadas en los más diferentes dispositivos ópticos de medición de posición.

Como se ha mencionado anteriormente, en el dispositivo para medición de posición en la figura 1 la estructura de malla 26 construida acorde con el invento está situada en la unidad de detección 20 sobre la placa de detección 22. La figura 2 muestra una vista en planta superior sobre la placa de detección 22 completa, en las figuras 3 y 4 se pueden ver representaciones parciales a escala aumentada de la estructura de malla 26 sobre la placa de detección 22. En la figura 2 se puede ver cómo en cuatro zonas parciales de la placa de detección 22, en el presente ejemplo de realización están situadas en cada una, estructuras de malla 26 construidas según el invento sobre un cuerpo soporte 25 transparente. Las correspondientes estructuras de malla 26 comprenden entonces zonas de partición 26.1, 26.2 cada una con como mínimo una línea de límite 27, que no está orientada ni totalmente ortogonal ni totalmente paralela a los ejes de coordenadas x, y de un sistema de coordenadas de referencia ortogonal. En el presente ejemplo los ejes de coordenadas x, y del sistema de coordenadas de referencia están orientados verticales y horizontales; sin embargo esto no es esencial para el presente invento, es decir, puede existir otra orientación espacial de los ejes de coordenadas x, y ortogonales del sistema de coordenadas de referencia.

Además, en este punto se debe hacer referencia a que también los conceptos y símbolos de identificación utilizados en la siguiente descripción, como primero / segundo, abajo / arriba, izquierda / derecha, horizontal / vertical, o x, y no deben ser entendidos en ningún caso como limitadores. Fundamentalmente en el marco del presente invento es posible un cambio de cada uno de los conceptos.

En el ejemplo de realización representado la estructura de malla 26 está formada por zonas de partición 26.1, 26.2 que o son permeables o no permeables a los haces de rayos que inciden sobre ella. Entonces sobre el cuerpo soporte 25 están situadas alternativamente zonas de partición permeables 26.2 y zonas de partición no permeables 26.1 contiguas unas a otras. Por ejemplo, para esto puede estar previsto que sobre un cuerpo soporte 25 transparente de cristal estén situadas zonas de partición 26.1 no permeables a la luz en forma de un recubrimiento con cromo; las zonas de partición 26.2 permeables a la luz están formadas por superficies no recubiertas sobre el cuerpo de soporte 25.

Naturalmente, según sea el principio de detección del correspondiente dispositivo para medición de posición las zonas de partición de la estructura de malla acorde con el invento pueden estar construidas alternativas a este ejemplo de realización. Así es posible también, que las zonas de partición de la estructura de malla estén construidas poseyendo una mayor y una menor permeabilidad, reflectantes y no reflectantes o con mayor reflexión o con menor reflexión. Por lo demás en el caso de rejillas de fase puede estar previsto que las zonas de partición ejerzan una acción de desplazamiento de fase diferente sobre los haces de rayos transmitidos o reflejados. Además, lógicamente, también pueden construirse las llamadas mallas quemadas de acuerdo con el invento, o sea, estructuras de malla tridimensionales con diferentes alturas o ángulos ajustados con un fin, etc.

En la figura 3 se muestra otra vez una vista parcial aumentada de una de las cuatro zonas de la placa de detección 22 con varias zonas de partición 26.1, 26.2 junto con el sistema de coordenadas de referencia anteriormente citado y los ejes de coordenadas x, y ortogonales. Como se aprecia en esta representación cada una de las zonas de partición 26.1, 26.2 está limitada a lo largo de la mencionada dirección y por una línea de límite 27 curvada como mínimo parcialmente. Las zonas de partición 26.1, 26.2 forman así una malla ópticamente activa sobre la placa de detección 22, por ejemplo en forma de una óptica difractiva como por ejemplo una lente de Fresnel etc.

Sobre la base de la figura 4, que muestra otra vez una fuerte ampliación de una de las líneas de límite 27 de la figura 3, a continuación se explica cómo una línea de límite 27 de este tipo es aproximada en la estructura de malla acorde con el invento. La aproximación de la presente línea de límite 27 curvada se produce entonces por una línea de escalera 28 que se compone de zonas de líneas de escalera 28.1, 28.2, consecutivas, orientadas ortogonalmente unas a otras. Las zonas de línea de escalera 28.1, 28.2 limitan entre sí en puntos P que a partir de ahora serán denominados como puntos P de escalones de escalera. En el ejemplo de realización representado las primeras zonas de líneas de escalera 28.1 están orientadas horizontales, las segundas zonas de líneas de escalera 28.2 verticales. Como se aprecia en la figura 4, con esto las primeras y las segundas zonas de líneas de escalera 28.1, 28.2 de la línea de escalera 28 son paralelas a ambos ejes de coordenadas x, y del sistema de coordenadas de referencia.

Para la aproximación de la línea de límite 27 la línea de escalera 28 es ajustada entre dos paralelas de aproximación 29.1, 29.2, en donde ambas paralelas de aproximación 29.1, 29.2 discurren a la misma distancia h cada una a ambos lados junto a la línea de límite 27. Los puntos P de escalones de escalera están por ello sobre las paralelas de aproximación 29.1, 29.2 y poseen la separación h a la línea de límite 27. En el presente ejemplo de realización ambas paralelas de aproximación 29.1, 29.2 discurren paralelas a la línea de límite 27.

En una forma de realización preferida, en una línea de escalera 28 generada de esta manera, la separación d entre un punto P de escalones de escalera y el siguiente punto P de escalones de escalera más próximo depende siempre del ángulo  $\alpha$  que resulta entre la línea de límite 27 y la primera zona de líneas de escalera 28.1 entre ambos puntos P de escalones de escalera, que está orientado paralelo al primer eje de coordenadas x del sistema de coordenadas de referencia. Aquí hay que dar por supuesto que en las zonas de líneas de límite del orden de tamaño de pocos  $\mu\text{m}$ , el ángulo  $\alpha$  cambia solo en una medida muy pequeña y la línea de escalera 28 sigue en el medio de la línea de límite 27. En este caso se puede partir de un trazado lineal de las líneas de límite 27 en esta zona.

En concreto, en una variante de aproximación como ésta, está previsto que para valores del ángulo  $\alpha$  entre la línea de límite 27 y la primera zona de línea de escalera 28.1 de  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\alpha = 135^\circ$ ,  $\alpha = 225^\circ$  o  $\alpha = 315^\circ$  la distancia d posee siempre un valor mínimo. En el caso de una aproximación del ángulo  $\alpha$  a valores de  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\alpha = 180^\circ$  o  $\alpha = 270^\circ$  la separación d aumenta en continuo. Especialmente, en el caso de un ángulo  $\alpha = 45^\circ$  entre la línea de límite 27 y la primera zona de líneas de escalera 28.1 la distancia d posee un valor mínimo, mientras que para una aproximación del ángulo  $\alpha$  a valores de  $\alpha = 0^\circ$  y  $\alpha = 90^\circ$  la distancia d converge siempre simétricamente hacia el infinito.

Dependiendo de si la línea de límite 27 puede ser descrita matemáticamente, la dependencia de la separación d puede caracterizarse como parámetro determinante de la línea de escalera 28 que se aproxima desde otros parámetros de geometría.

Si es posible describir la línea de límite 27 por una función  $f(x)$ , entonces la distancia d se obtiene según la siguiente relación 1:

$$d = 2 h (f'(x) + 1/f'(x)) \quad (\text{Igualdad 1})$$

con:

d: = separación entre un punto P de escalones de escalera y el punto P de escalones de escalera siguiente más próximo

f(x): = función que caracteriza al trazado de la línea de límite

x: = posición a lo largo del primer eje de coordenadas

f'(x): =  $df(x)/dx$  (derivada de f(x))

h: = distancia perpendicular entre la línea de límite y los puntos de escalones de escalera.

En el caso de que la línea de límite 27 no pueda ser descrita por una función analítica f(x) sino solamente por una aproximación numérica, por ejemplo en forma de una poligonal, la dependencia de la separación d del ángulo  $\alpha$  entre la línea de límite 27 y la primera zona de líneas de escalera 28.1 puede ser descrita también según la siguiente igualdad 2. En este caso en lugar de la derivada en la igualdad 1 entra la función tangente según la igualdad 2:

$$d = 2 h (\tan \alpha + 1/\tan \alpha) \quad (\text{igualdad 2})$$

con:

d: = separación entre un punto P de escalones de escalera y el punto P de escalones de escalera siguiente más próximo

$\alpha$ : = ángulo entre la línea de límite y una primera zona de líneas de escalera entre los puntos de escalones de escalera

h: = separación en perpendicular entre la línea de límite y los puntos de escalones de escalera.

En el caso de la caracterización de la línea de límite por una poligonal, como ángulo  $\alpha$  puede ser seleccionado más o menos un correspondiente ángulo entre la línea de límite y una única zona de poligonal en esta zona. Si en esta

zona están previstas varias zonas de poligonal entonces, por el contrario, se puede elegir como ángulo  $\alpha$  un ángulo medio que se obtiene como valor medio a partir de diferentes ángulos específicos entre la línea de límite y zonas de poligonal específicas.

5 Mediante las posibilidades anteriormente descritas para la aproximación de la línea de límite 27 de una zona de partición de la estructura de malla acorde con el invento, mediante una adecuada línea de escalera 28 queda asegurado que en oposición al estado de la técnica, la línea de límite 27 presenta una rugosidad de borde constante en todo su trazado. La rugosidad de borde viene definida entonces como separación  $r_a$  media de la línea de escalera 28 a la línea de límite 27.

10 Con esto pueden evitarse las distorsiones del frente de onda discutidas al comienzo en el camino del rayo de detección de dispositivos ópticos de medición de posición y el error de medición que de ello resulta cuando se utilizan estructuras de malla construidas adecuadamente.

15 A continuación se explicaran otras variantes y ejemplos de realización de las estructuras de malla acordes con el invento.

20 Sobre la base de las representaciones en las figuras 5, 6, 7a, 7b se describe a continuación cómo, por ejemplo, se puede proceder para construir no solo una única línea de límite de una zona de partición acorde con el invento, sino cómo aproximar adecuadamente dos líneas de límite de una zona de partición de la estructura de malla opuestas una a otra.

25 En la figura 5 se muestra en una representación aumentada una parte de una zona de partición 226 de una estructura de malla con dos líneas de límite 227.a, 227.b opuestas junto con diversas magnitudes auxiliares, para describir un posible proceder para aproximación adecuada de ambas líneas de límite 227.a, 227.b.

30 La aproximación de la primera línea de límite 227.a inferior en la figura 5 se realiza primeramente de manera totalmente análoga al proceder acorde con el invento en la figura 4 anteriormente explicado. Es decir, entre ambas paralelas de aproximación 229.1a, 229.2a se ajusta una línea de escalera 228.a de aproximación cuyos puntos P de escalones de escalera están sobre ambas paralelas de aproximación 229.1a, 129.2a asociadas.

Para la aproximación de la segunda línea de límite 227.b opuesta se procederá como sigue mediante una línea de escalera 228.b adecuada:

35 Así, la determinación de la posición de las primeras zonas de líneas de escalera 228.1b, que preferiblemente están orientadas horizontal y paralelas al eje de coordenadas x del sistema de coordenadas de referencia se realiza de manera que estas zonas de líneas de escalera 228.1b presentan a lo largo del eje de coordenadas x igual posición que las zonas de líneas de escalera 228.1 opuestas de la línea de escalera 228a sobre la que se aproxima la línea de límite 227a inferior.

40 Después de que con esto se ha fijado la posición de la zona de líneas de escalera 228.1b horizontal, se debe determinar todavía su posición a lo largo del segundo eje de coordenadas y del sistema de coordenadas de referencia. Esto se produce de tal manera que su posición a lo largo del eje de coordenadas y se selecciona de manera que ambas superficies B1, B2 resultantes entre la zona de líneas de escalera 228.1b y la línea de límite 45 227.b, que se forman a ambos lados de la línea de límite 227.b, son de igual superficie. Lógicamente también sería posible determinar la posición a lo largo del segundo eje y según cualquier otra normativa matemática.

50 De esta forma y manera a lo largo de la zona de partición 226 las líneas de límite 227.a, 227.b se aproximan a modo de secciones sobre líneas de escalera 228.a, 228.b adecuadas. En la figura 6 está representada una zona de partición 326 completamente aproximada de esta forma y manera correspondiente con las dos líneas de escalera para la aproximación de una línea de límite inferior y de una línea de límite superior. Debido a la necesaria curvatura de ambas líneas de límite de la zona de partición 326, durante la aproximación hay que tener en cuenta otra circunstancia especial.

55 Así, en una primera zona parcial TA1, en este caso izquierda, de la zona de partición 326 está previsto que líneas de límite opuestas de la zona de partición sean aproximadas mediante zonas de líneas de escalera que a lo largo del primer eje de coordenadas x del sistema de coordenadas de referencia presenta cada una igual posición. En la primera zona parcial TA1 de la zona de partición 326 para al ángulo  $\alpha$  anteriormente mencionado entre una zona horizontal de líneas de escalera y la línea de límite vale  $\alpha < 45^\circ$ . La aproximación de líneas de límite opuestas 60 corresponde en esta zona parcial TA1 al procedimiento como ya se explicó en detalle anteriormente sobre la base de la figura 5.

65 Por el contrario, en una segunda zona parcial TA2 de la zona de partición 326, líneas de límite de la zona de partición 326 son aproximadas mediante zonas de líneas de escalera que a lo largo del segundo eje de coordenadas y del sistema de coordenadas de referencia presenta cada una igual posición. En la segunda zona parcial TA2 de la

zona de partición para el ángulo  $\alpha$  anteriormente mencionado entre una zona horizontal de líneas de escalera y la línea de límite vale  $\alpha > 45^\circ$ .

5 Como se aprecia en la figura 6, en una zona limítrofe G ambas zonas parciales TA1, TA2 chocan una con otra con regímenes de aproximación girados alrededor  $90^\circ$  de una respecto de otra y por ello diferentes. Aquí para el ángulo  $\alpha$  entre una zona horizontal de líneas de escalera y la zona limítrofe G se cumple la condición  $\alpha = 45^\circ$ .

10 Mediante la selección de diferentes regímenes de aproximación acordes con el invento girados alrededor de  $90^\circ$  uno respecto al otro con esto se puede aproximar también una zona de partición 326 fuertemente curvada sin que resulten saltos en la rugosidad de los bordes de las líneas de límite.

15 Lógicamente también puede estar previsto que existan no solamente dos zonas parciales TA1, TA2; también es posible que a menudo las primeras y segundas zonas parciales se repitan alternándose a voluntad con lo que a menudo también resultan muchas zonas limítrofes G.

20 Si una estructura de malla comprende varias zonas de partición vecinas fuertemente curvadas cuyas líneas de límite se aproximan de esta forma y manera, entonces se ha demostrado como ventajosa otra medida en la aproximación de las líneas de límite que será explicada sobre la base de las figuras 7a, 7b. Para ello se muestra de una forma fuertemente esquematizada una parte de una estructura de malla con zonas de partición 426 o 526 fuertemente curvadas y líneas de límite 427, 527 correspondientes. Los puntos previstos en las figuras 7a, 7b a lo largo de las líneas de límite 427, 527 presentan cada uno la zona limítrofe G, en donde el régimen de aproximación, como se ha explicado anteriormente, está girado  $90^\circ$ . Por ello, en el ejemplo de la figura 7a la posición de las zonas parciales TA1, TA2 que limitan una con otra en la zona limítrofe G está seleccionada allí donde  $\alpha = 45^\circ$ . En el ejemplo de realización de la figura 7b, por el contrario, la posición de la zona limítrofe G está seleccionada diferente de ella, en concreto diferente en las diferentes zonas de partición 526. Así, según la variante en la figura 7b está previsto que la posición de la zona limítrofe G entre las diferentes zonas parciales TA1, TA2 sea seleccionada a partir de un intervalo – posición predeterminado. Este intervalo – posición puede estar definido por ejemplo, por una zona del ángulo  $\alpha$  entre  $35^\circ$  y  $55^\circ$ , etc. Una elección de este tipo de la posición de la zona limítrofe G tiene como consecuencia que en la correspondiente estructura de malla se pueden minimizar adicionalmente los saltos mediante un cambio del régimen de aproximación.

35 En otra variante, no representada, podría ser posible además seleccionar el ángulo  $\alpha$  de tal manera que las zonas limítrofes, allí donde se gira alrededor de  $90^\circ$  el régimen de aproximación, como ya se ha explicado, viene a apoyarse en una zona de la estructura de malla que se encuentra por fuera de la zona ópticamente relevante u ópticamente utilizada de la correspondiente aplicación. Esto tendría como consecuencia que en la zona ópticamente utilizada por ejemplo, de una placa de detección de un dispositivo óptico de medición no llegaría a estar ninguna zona limítrofe, donde el régimen de aproximación debería ser modificado o conmutado. De esta forma y manera mediante zonas limítrofes de este tipo se puede minimizar una vez más, una influencia eventualmente perjudicial para la detección.

40 En otra variante de este tipo la estructura de malla puede además estar compuesta exclusivamente también por la zona ópticamente utilizada.

45 Finalmente, sobre la base de las figuras 8 y 9 se puede apreciar cómo se pueden construir estructuras de malla que presenten líneas de límite que no discurren curvadas, sino bajo deseados ángulos no ortogonales con respecto a los ejes de coordenadas x, y del sistema de coordenadas de referencia.

50 La figura 8 muestra la vista en planta superior sobre un cuerpo de medición 610 de un dispositivo óptico de medición de posición giratorio que comprende una estructura de malla en forma de una partición radial que está formada por zonas de partición 612.1, 612.2 situadas con forma circular alrededor de un eje de rotación RA. Las zonas de partición 612.1, 612.2 presentan diferentes propiedades ópticas, en el caso de una detección por transparencia, con diferentes permeabilidades ópticas. Como se puede apreciar en la figura 8, las zonas de partición 612.1, 612.2 de esta estructura de malla poseen líneas de límite 627.a, 627.b que discurren en línea recta y pueden adoptar un ángulo diferente a  $0^\circ$  o  $90^\circ$  respecto de ambos ejes de coordenadas x, y del sistema de coordenadas de referencia.

55 En la figura 9 se puede apreciar cómo se aproximan las líneas de límite 627.a, 627.b rectas, mutuamente opuestas, de una zona de partición 612.1.

60 Así, está previsto que para colocar dos paralelas de aproximación 629.1a, 629.2a o 629.1b, 629.2b de las líneas de límite 627.a, 627.b que hay que aproximar, entre cada una de ellas se ajuste una línea de escalera 628.a, 628.b. Las líneas de escalera 628.a, 628.b comprenden zonas de líneas de escalera 628.1a, 628.2a o 628.1b, 628.2b orientadas ortogonalmente unas a otras, que están orientadas paralelas a los ejes de coordenadas x, y del sistema de coordenadas de referencia. En esta estructura de malla los puntos P de escalones de escalera se encuentran sobre las paralelas de aproximación 629.1a, 629.2a o 629.1b, 629.2b.

65



Además de los ejemplos de realización descritos en concreto, en el marco del presente invento existen lógicamente otras posibilidades de construcción.

5 Como ya se ha expuesto en la descripción precedente, estructuras de malla construidas acorde con el invento pueden estar situadas tanto sobre lados del cuerpo de medición como también sobre lados de la unidad de detección.

10 Por lo demás, el presente invento no está limitado a estructuras de malla en forma de estructuras de malla de transmisión o estructuras de malla de reflexión. Naturalmente, sobre la base de los principios anteriormente explicados también se pueden construir mallas de fase y otros tipos de mallas.

**REIVINDICACIONES**

1. Estructura de malla (26) para un dispositivo óptico de medición de posición,

5 - que contiene zonas de partición (26.1, 26.2) que presentan como mínimo una línea de límite (27, 127, 227a, 227.b, 627.a, 627.b) la cual discurre curvada como mínimo parcialmente, y  
 - en donde la línea de límite está aproximada como mínimo parcialmente por una línea de escalera (28, 128, 228.a, 228.b) compuesta por primeras y segundas zonas de líneas de escalera consecutivas, orientadas ortogonalmente una con otra, las cuales están orientadas en puntos P de escalones de escalera contiguos  
 10 unos con otros y paralelos a ambos ejes de coordenadas x, y de un sistema de coordenadas de referencia ortogonal,

**caracterizada por que**

15 - la línea de escalera (28, 128, 228.a, 228.b) está ajustada entre dos paralelas de aproximación (29.1, 29.2; 129.1, 129.2, 129.1', 129.2'; 229.1a, 229.2a, 229.1b, 229.2b; 629.1a, 629.2a, 629.1b, 629.2b) que discurren cada una a igual distancia (h) vecinas a ambos lados de la línea de límite (27, 127, 227a, 227.b, 627.a, 627.b) en donde los puntos (P) de escalones de escalera están sobre las paralelas de aproximación (29.1, 29.2; 129.1, 129.2, 129.1', 129.2'; 229.1a, 229.2a, 229.1b, 229.2b; 629.1a, 629.2a, 629.1b, 629.2b) y  
 20 - la distancia (d) entre un punto (P) de escalones de escalera y el siguiente punto P de escalones de escalera más próximo depende siempre del ángulo  $\alpha$  que resulta entre la línea de límite (27, 127, 227a, 227.b) y una primera zona de líneas de escalera (28.1; 128.1; 228.1a, 228.1b, 628.1a, 628.1b) entre ambos puntos (P) de escalones de escalera, que está orientada hacia un primer eje de coordenadas (x) del sistema de coordenadas de referencia.

25 2. Estructura de malla según la reivindicación 1, en donde en el caso de valores del ángulo  $\alpha$  entre la línea de límite (27, 127, 227a, 227.b, 627.a, 627.b) y la primera zona de líneas de escalera (28.1, 128.1, 228.1a, 228.1b, 628.1a, 628.1b) de  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$  o  $315^\circ$  la distancia (d) posee un valor mínimo, mientras que en el caso de una aproximación del ángulo  $\alpha$  a valores de  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  o  $270^\circ$  la distancia (d) aumenta en continuo.

30 3. Estructura de malla según la reivindicación 1, en donde en el caso de un valor del ángulo  $\alpha$  entre la línea de límite (27, 127, 227a, 227.b, 627.a, 627.b) y la primera zona de líneas de escalera (28.1, 128.1, 228.1a, 228.1b, 628.1a, 628.1b) de  $45^\circ$ , la distancia (d) posee un valor mínimo, mientras que en el caso de una aproximación del ángulo  $\alpha$  a valores de  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , la distancia (d) converge en continuo simétricamente hacia el infinito.

35 4. Estructura de malla según la reivindicación 1, en donde para el caso de que el trazado de la línea de límite (27, 127, 227a, 227.b, 627.a, 627.b) esté caracterizado por una función f(x) la distancia (d) se obtiene según la siguiente relación:

40 
$$d = 2 h (f'(x) + 1/f'(x))$$

con:

45 d = separación entre un punto de escalones de escalera y el siguiente punto de escalones de escalera más próximo  
 f(x) = función que caracteriza el trazado de la línea de límite  
 x = posición a lo largo del primer eje de coordenadas  
 f'(x) = df(x) / dx (derivada de f(x))  
 h = distancia perpendicular entre la línea de límite y puntos de escalones de escalera

50 5. Estructura de malla según la reivindicación 1, en donde la distancia (d) según la siguiente relación depende del ángulo ( $\alpha$ ) entre la línea de límite (27, 127, 227a, 227.b, 627.a, 627.b) y la primera zona de líneas de escalera (28.1, 128.1, 228.1a, 228.1b, 628.1a, 628.1b):

55 
$$d = 2 h (\tan \alpha + 1/\tan \alpha)$$

con:

60 d = distancia entre un punto de escalones de escalera y el siguiente punto de escalones de escalera más próximo  
 $\alpha$  = ángulo entre la línea de límite y una primera zona de líneas de escalera entre los puntos de escalones de escalera  
 h = distancia perpendicular entre línea de límite y puntos de escalones de escalera

65 6. Estructura de malla según como mínimo una de las reivindicaciones precedentes, en donde líneas de límite (227.a, 227b, 627.a, 627.b) opuestas de una zonas de partición (226, 612.1) están aproximadas por zonas de líneas

de escalera (228.1a, 228.1b; 628.1a, 628.1b) que presentan igual posición a lo largo de un eje de coordenadas (x) del sistema de coordenadas de referencia.

5 7. Estructura de malla según la reivindicación 6, en donde la posición de la zona de líneas de escalera (228.1a, 228.1b, 628.1a, 628.1b) a lo largo del otro eje de coordenadas (y) está elegida de manera que las dos superficies resultantes (B1, B2) entre la zona de líneas de escalera (228.1a, 228.1b, 628.1a, 628.1b) y la línea de límite (227.a, 227.b, 628.a, 628.b) a ambos lados de la línea de límite (227.a, 227.b, 628.a, 628.b) son de igual superficie.

10 8. Estructura de malla según una de las reivindicaciones 1 – 5, en donde

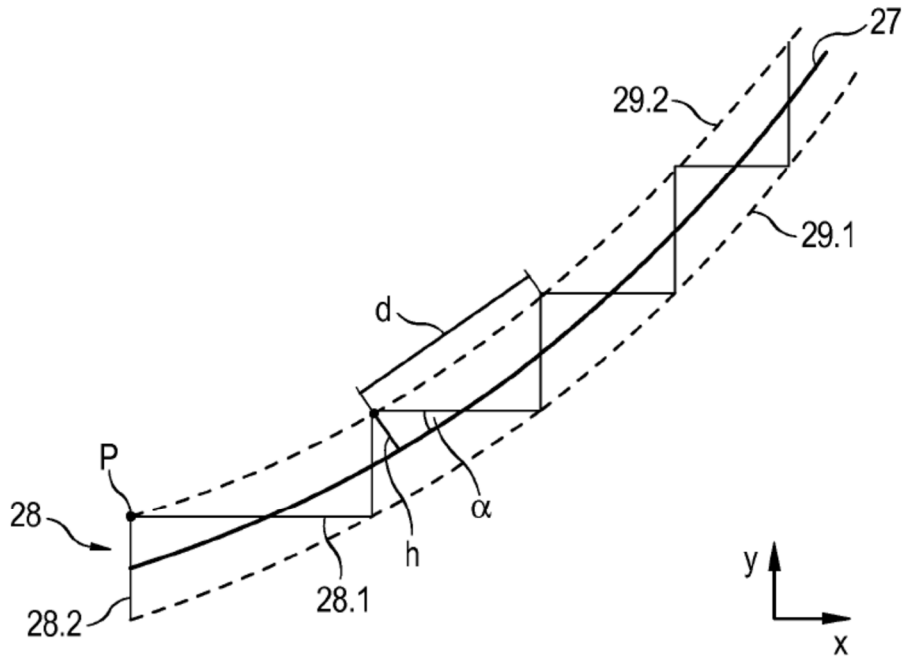
- en una primera zona parcial (TA1) de una zona de partición (326) se han aproximado líneas de límite opuestas de la zona de partición (326) por medio de zonas de líneas de escalera que presentan igual posición a lo largo de un primer eje de coordenadas (x) del sistema de coordenadas de referencia y
- 15 - en una segunda zona parcial (TA2) de la zona de partición (326) se han aproximado líneas de límite opuestas de la zona de partición por medio de zonas de líneas de escalera que presentan igual posición a lo largo de un segundo eje de coordenadas (y) del sistema de coordenadas de referencia y
- en donde ambas zonas parciales (TA1, TA2) colisionan una con otra en una zona limítrofe (G).

20 9. Estructura de malla según la reivindicación 8, con varias zonas de partición de forma similar vecinas, en donde la posición de las zonas limítrofes (G) entre las zonas parciales (TA1, TA2) en las diferentes zonas de partición (526) ha sido elegida diferente.

25 10. Estructura de malla según la reivindicación 8, en donde la posición de las zonas limítrofes entre las zonas parciales ha sido elegida de manera que estas llegan a apoyarse en una zona de la estructura de malla que está fuera de la zona de la estructura de malla ópticamente utilizada.

11. Estructuras de malla según la reivindicación 1, en donde las zonas de partición forman una malla ópticamente activa sobre una placa de detección (22).

30 12. Dispositivo para medición de posición con una placa de detección (22) con una estructura de malla según como mínimo una de las reivindicaciones 1 a 10.



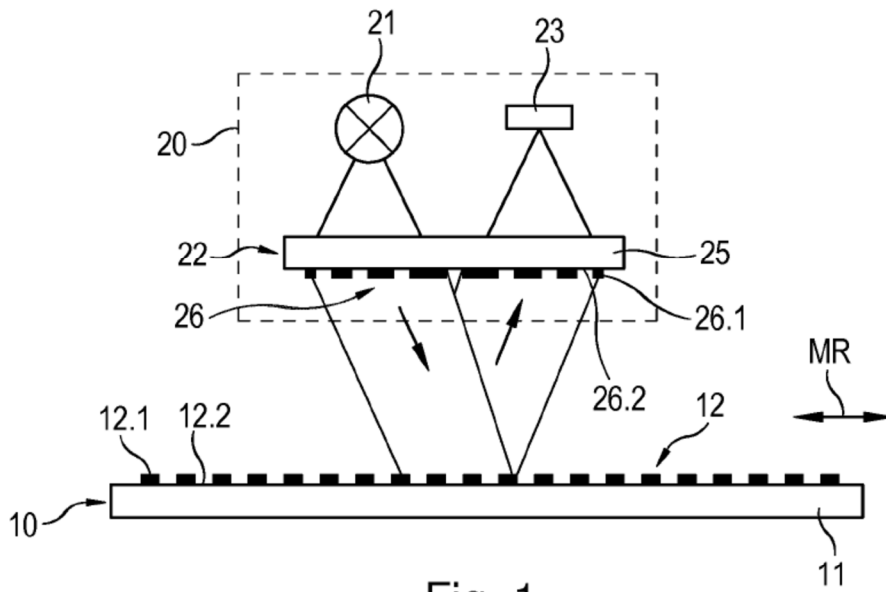


Fig. 1

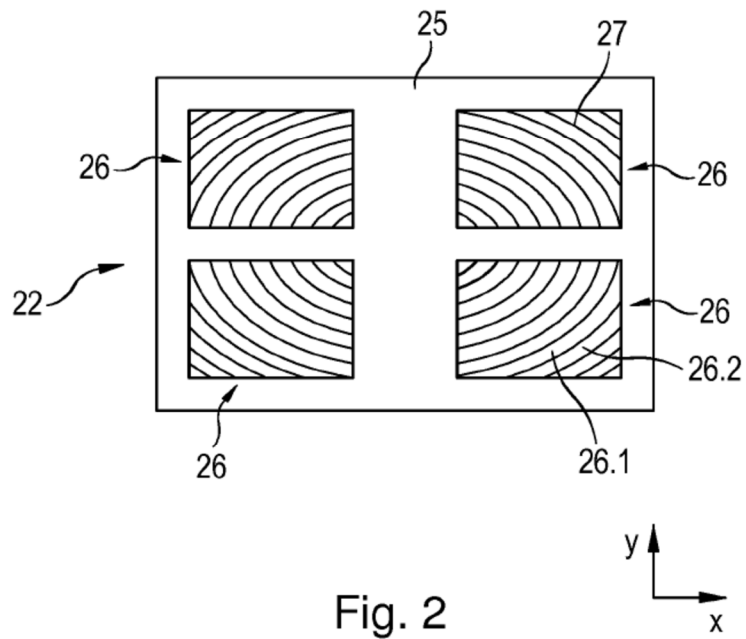


Fig. 2



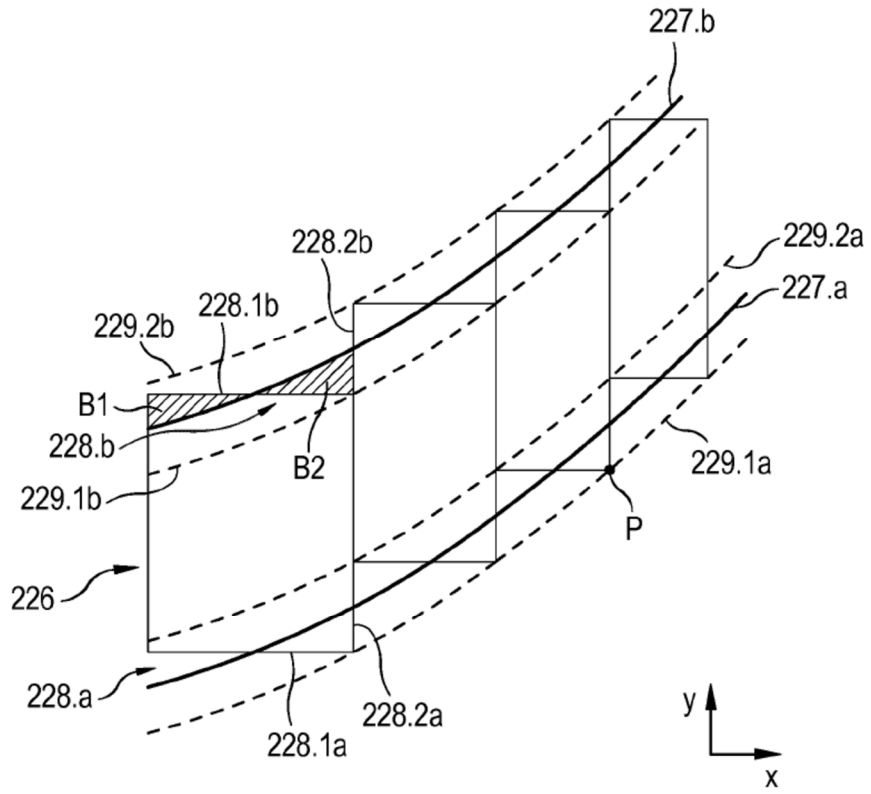


Fig. 5

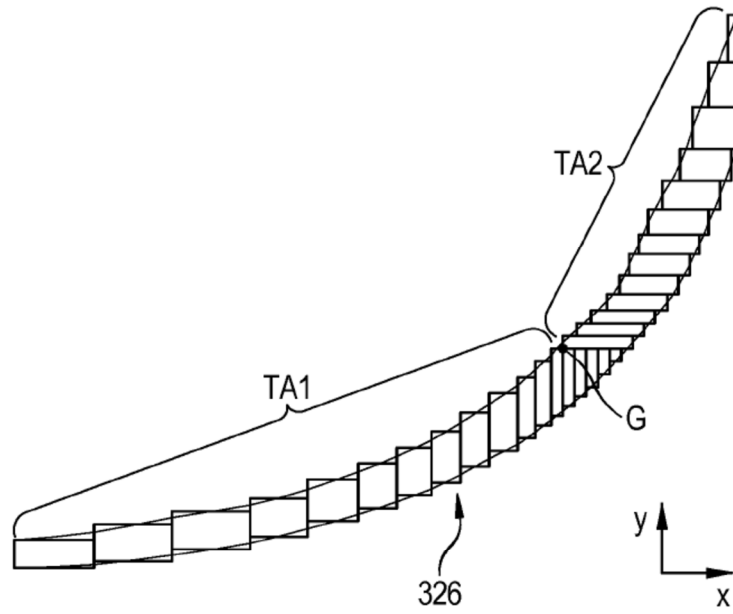


Fig. 6

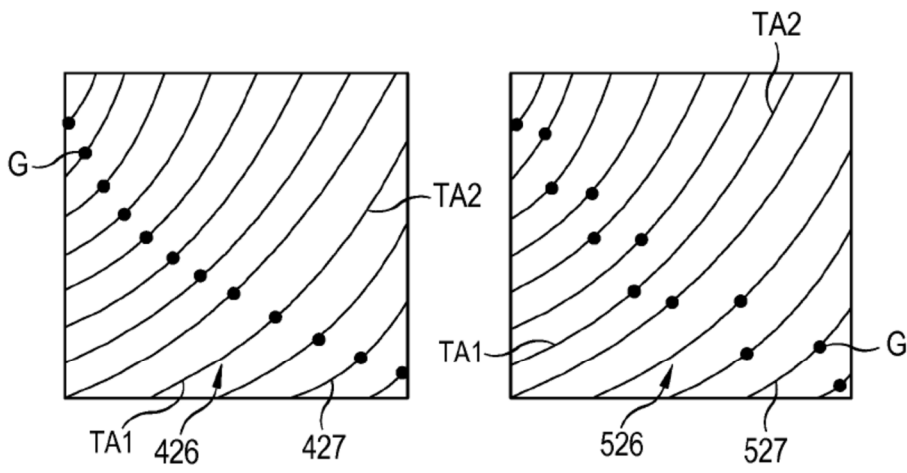


Fig. 7a

Fig. 7b



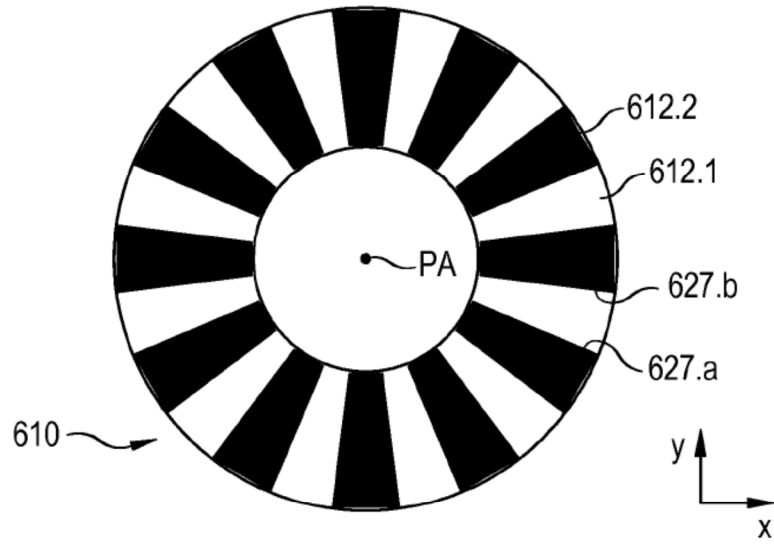


Fig. 8

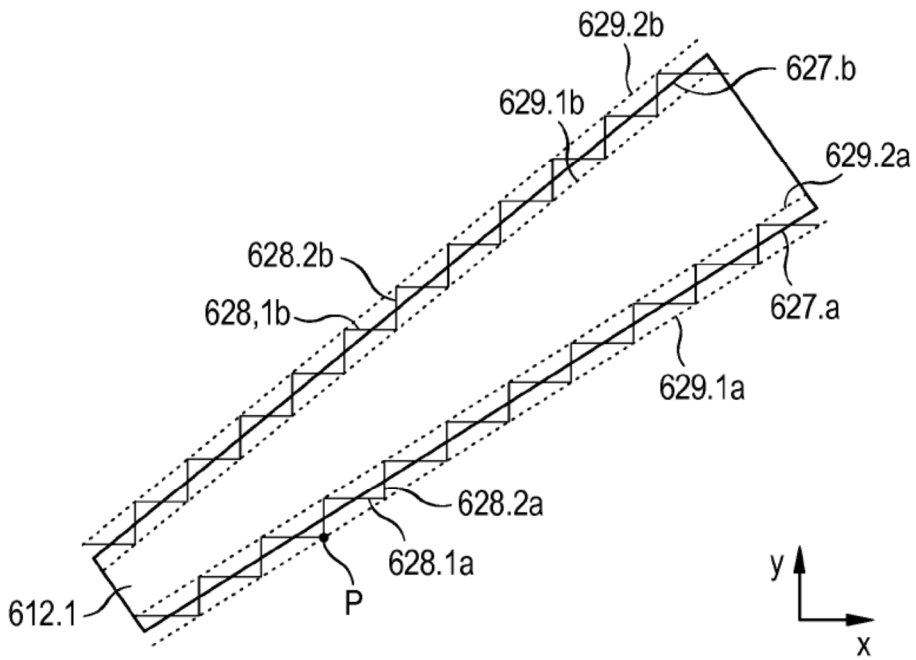


Fig. 9