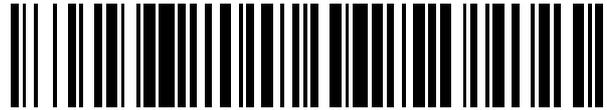


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 434**

51 Int. Cl.:

**G01D 5/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2009 E 09780314 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014 EP 2318812**

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

30 Prioridad:

**28.08.2008 DE 102008044858**

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

**12.01.2015**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HERMANN, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 526 434 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo óptico de medición de posición

5 La presente invención se refiere a un dispositivo óptico de medición de posición.

10 Por el documento EP 513 427 A1 del mismo solicitante se conoce un dispositivo óptico de medición de posición que es apropiado para detectar la posición de dos objetos que pueden moverse relativamente entre sí en por lo menos una dirección de medición. Para ello, el dispositivo de medición de posición conocido comprende una medida materializada que está unida con uno de los objetos. La medida materializada presenta una división incremental que se extiende en la dirección de medición, así como por lo menos una marca de referencia en una posición de referencia. La marca de referencia está formada por una estructura con un período de división localmente modificable, es decir que está formada por una estructura que comprende una pluralidad de diferentes períodos de división. Tales estructuras también se suelen denominar como estructuras de división de frecuencia modulada pulsada o como rejillas de frecuencia modulada pulsada. Adicionalmente, el dispositivo de medición de posición 15 comprende una unidad de exploración que está conectada con el otro de los dos objetos y que presenta medios de exploración que sirven para generar por lo menos una señal incremental dependiente de desplazamiento, así como por lo menos una señal de referencia en una posición de referencia a través de la exploración óptica de la división incremental y de la marca de referencia a lo largo de la distancia de medición. Una señal de impulso de referencia se produce si todas las porciones de frecuencia de señal, que se generan por los diferentes períodos de división de frecuencia modulada pulsada de la medida materializada y de las rejillas de exploración, se superponen en concordancia de fase.

25 En la figura 8 del documento EP 513 427 A1 se desvela una variante especial de una marca de referencia de frecuencia modulada pulsada configurada de esta manera que comprende dos campos parciales de marca de referencia dispuestos de forma simétrica en relación a un eje de simetría. Los dos campos parciales de marca de referencia están formados respectivamente por una estructura que se extiende en la dirección de medición con un período de división localmente modificable.

30 El dispositivo de medición de posición conocido del documento EP 513 427 A1 está basado en un así llamado principio de exploración interferencial en donde la primera rejilla en la trayectoria de los rayos de exploración es colimada, es decir, iluminada con un haz de rayos de orientación paralela. Las señales de exploración dependientes de desplazamiento en forma de señales incrementales y de referencia se obtienen de la superposición constructiva y destructiva de varios haces de rayos parciales, que en el caso del movimiento relativo de la medida materializada y la unidad de exploración experimentan desplazamientos de fase dependientes del desplazamiento. De esta manera se pueden obtener informaciones de posición de alta resolución con respecto a la posición relativa de los dos 35 objetos.

40 Un principio de exploración alternativo a esto para dispositivos ópticos de medición de posición se conoce, por ejemplo, de la publicación de R. Pettigrew titulada "Analysis of Grating Imaging and its Application to Displacement Metrology" en SPIE Vol. 36, 1st European Congress on Optics applied to Metrology (1977), p. 325 - 332. En este principio de exploración es determinante la iluminación divergente, es decir, no colimada de la primera rejilla en la trayectoria de los rayos de exploración.

45 El documento DE 197 48 802 A1 del mismo solicitante de la presente también se refiere a marcas de referencia de frecuencia modulada pulsada en dispositivos ópticos de medición de posición. Por dicho documento se conoce adicionalmente que tales marcas de referencia también se pueden usar en conexión con los principios de exploración previamente mencionados, es decir, en conexión con sistemas que prevén una iluminación divergente de la primera rejilla en la trayectoria de los rayos de exploración. Sin embargo, ni el documento DE 197 48 802 A1 ni el documento EP 513 427 A1 arriba mencionado dan algún indicio de cómo se debe configurar concretamente un dispositivo óptico de medición de posición con iluminación divergente cuando se quieren usar marcas de referencia de frecuencia modulada pulsada. 50

55 El objetivo de la presente invención consiste en crear un dispositivo óptico de medición de posición en el que se use un principio de exploración con iluminación divergente y en el que se puedan emplear marcas de referencia de frecuencia modulada pulsada para generar señales de referencia de alta resolución.

60 Este objetivo se resuelve de acuerdo con la invención a través de un dispositivo óptico de medición de posición con las características de la reivindicación 1.

Formas de realización ventajosas del dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención se derivan de las medidas mencionadas en las reivindicaciones dependientes.

65 El dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención sirve para captar la posición de dos objetos móviles de manera mutuamente relativa en por lo menos una dirección de medición. El dispositivo de medición de posición presenta una medida materializada que está conectada con uno de los dos objetos y que tiene

una división incremental que se extiende en la dirección de medición, así como por lo menos una marca de referencia en una posición de referencia. La marca de referencia comprende dos campos parciales de marca de referencia dispuestos simétricamente en relación a un eje de simetría de la marca de referencia, los cuales están formados respectivamente por una estructura que se extiende en la dirección de medición con un período de división localmente modificable. Adicionalmente, el dispositivo de medición de posición presenta una unidad de exploración que está conectada con el otro de los dos objetos y a la que se asignan medios de exploración que sirven para generar por lo menos una señal de referencia en la posición de referencia. Los medios de exploración comprenden por lo menos una fuente de luz que irradia de manera divergente en la dirección de la medida materializada, así como una disposición de detección con elementos que están dispuestos de tal manera a lo largo de la dirección de medición que a partir de un eje de simetría central de la disposición de detección en la dirección de medición, las distancias de separación entre centros de elementos adyacentes se modifican en la misma dirección que los períodos de división de las estructuras en los campos parciales de marca de referencia a partir del eje de simetría de la marca de referencia.

De esta manera, con un principio de exploración con iluminación divergente también se puede asegurar la generación de una señal de impulso de referencia de alta resolución mediante estructuras de rejilla de frecuencia modulada pulsada. A este respecto, adicionalmente se ha demostrado como particularmente ventajoso que la generación de impulsos de referencia de acuerdo con la presente invención sea poco sensible frente a cambios en la distancia de separación de exploración entre la medida materializada y la unidad de exploración. Adicionalmente, la generación de la señal de impulso de referencia en el dispositivo de medición de posición de acuerdo con la invención es relativamente insensible frente a contaminaciones, lo que se puede atribuir a la exploración de campo único empleada. Esto significa que las diferentes porciones de señal siempre provienen de un período de división de la marca de referencia explorada. Además, en la generación de la señal de impulso de referencia se usa el campo iluminado entero de la marca de referencia. Esto es muy efectivo y tiene grandes amplitudes de señal, una elevada insensibilidad frente a perturbaciones, así como un reducido grado de ruido en la señal.

En lo que respecta al dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención, existen múltiples posibilidades de realización.

De esta manera, los campos parciales de marca de referencia del dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención preferentemente están configurados de tal forma que de manera adyacente al eje de simetría de la marca de referencia las estructuras respectivamente presentan los períodos de división más pequeños y en la dirección de medición hacia afuera se prevén respectivamente períodos de división progresivamente más grandes.

En una forma de realización ventajosa, la frecuencia de división en el lado de la medida materializada de los períodos de división localmente modificables en los dos campos parciales de la marca de referencia se selecciona de la siguiente manera:

$$f_{MS}(x) := 2f_0 \left( \frac{2}{L}x + 1 \right) \text{ para } -\frac{L}{2} \leq x < 0$$

y

$$f_{MS}(x) := \left| 2f_0 \left( \frac{2}{L}x - 1 \right) \right| \text{ para } 0 \leq x \leq \frac{L}{2},$$

en donde para el L rige:

$$L := \frac{n}{f_0},$$

n es un número entero,  
con:

$f_{MS}(x)$  := frecuencia de división en el lado de la medida materializada en función de la posición en la dirección de medición x

$f_0$  := frecuencia de división media en el lado de la medida materializada

L := longitud de la estructura en el respectivo campo parcial de la marca de referencia en la dirección de medición x

En una variante posible del dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención, los elementos de la disposición de detección están dispuestos con las siguientes frecuencias de división en el lado del detector:

$$f_{Det}(x) := \frac{2}{k} f_0 \left( \frac{1}{L} x + 1 \right) \text{ para } -L \leq x < 0$$

5  
y

$$f_{Det}(x) := \left| \frac{2}{k} f_0 \left( \frac{1}{L} x - 1 \right) \right| \text{ para } 0 \leq x \leq L,$$

10 con:

$f_{Det}(x)$  := frecuencia de división en el lado del detector en función de la posición en la dirección de medición  $x$   
 $f_0$  := frecuencia de división media en el lado de la medida materializada  
 $L$  := longitud de la respectiva disposición de elementos en el lado del detector en la dirección de medición  $x$   
 $k$  := 1,2

15  
Adicionalmente es posible disponer los elementos de la disposición de detección a lo largo de la línea de medición de tal manera que correspondan a una imagen ampliada a escala de la estructura de los campos parciales de la marca de referencia.

20 Preferentemente, la extensión de la fuente de luz en la dirección de medición se selecciona de la siguiente manera:

$$b_{LQ} < \frac{1}{2f_0},$$

25 con:

$b_{LQ}$  := extensión de la fuente de luz en la dirección de medición  
 $f_0$  := frecuencia de división media en el lado de la medida materializada

30 Es posible que entre la fuente de luz y la medida materializada esté dispuesto un diafragma con una ranura de transmisión.

35 A este respecto, la extensión de la ranura de transmisión en la dirección de medición puede seleccionarse de la siguiente manera:

$$b_{SP} < \frac{1}{2f_0},$$

con:

40  $b_{SP}$  := extensión de la ranura de transmisión en la dirección de medición  
 $f_0$  := frecuencia de división media en el lado de la medida materializada

Preferentemente, la marca de referencia y la división incremental están configuradas como rejilla de fases con una desviación de fase de 180° y una relación de división de 1:1.

45 Alternativamente, también es posible que la marca de referencia y la división incremental estén configuradas como rejilla de amplitudes o como rejilla de fases con una desviación de fase de 90° y una relación de división de 1:1.

Los elementos de la disposición de detección pueden estar configurados como elementos de detector de conjunto ordenado de un conjunto ordenado de detección.

50 A este respecto, la disposición de detección puede comprender un primer juego de elementos de detector de conjunto ordenado y un segundo juego de elementos de detector de conjunto ordenado, en donde respectivamente los elementos de detector de conjunto ordenado de un juego están interconectados en el lado de salida.

Los elementos de la disposición de detección, sin embargo, también pueden estar configurados como áreas de división de una rejilla de exploración, a los que se encuentra acoplado por lo menos un elemento de detector de gran superficie.

5 A este respecto, la disposición de detección puede comprender dos elementos de detector de gran superficie, delante de los cuales se disponen rejillas de exploración configuradas de forma complementaria.

Otros detalles y ventajas de la presente invención serán descritos más detalladamente a continuación en base a la siguiente descripción de ejemplos de realización de dispositivos ópticos de medición de posición de acuerdo con la invención en conexión con las figuras.

En las figuras:

15 La figura 1 muestra una representación altamente esquematizada de la trayectoria de rayos de exploración para la generación de una señal de impulso de referencia en un primer ejemplo de realización del dispositivo de medición de posición de acuerdo con la invención.

20 La figura 2 muestra una vista superior de la medida materializada del dispositivo de medición de posición de la figura 1 con la división incremental y una marca de referencia.

La figura 3 muestra una vista parcial esquematizada del plano de detección del dispositivo de medición de posición de la figura 1, incluyendo una posibilidad de cableado para generar una señal de impulso de referencia.

25 La figura 4a muestra la señal de sincronización del impulso de referencia resultante de un cableado de acuerdo con la figura 3 en la región de la posición de referencia.

La figura 4b muestra la señal de sincronización contraria del impulso de referencia resultante de un cableado de acuerdo con la figura 3 en la región de la posición de referencia.

30 La figura 4c muestra la señal de impulso de referencia resultante de un cableado de acuerdo con la figura 3 en la región de la posición de referencia.

35 La figura 5 muestra una representación altamente esquematizada de una trayectoria de rayos de exploración para la generación de una señal de impulso de referencia en un segundo ejemplo de realización del dispositivo de medición de posición de acuerdo con la invención.

La figura 6 muestra una vista superior sobre las rejillas previstas en el lado de transmisión en el dispositivo de medición de posición de la figura 5.

40 La figura 7 muestra una representación altamente esquematizada de la trayectoria de rayos de exploración para la generación de una señal de impulso de referencia en un tercer ejemplo de realización del dispositivo de medición de posición de acuerdo con la invención.

45 La figura 8 es una vista superior sobre las rejillas previstas en el lado de transmisión en el dispositivo de medición de posición de la figura 7.

La figura 9 muestra una vista parcial esquematizada del plano de detección de un cuarto ejemplo de realización del dispositivo de medición de posición de acuerdo con la invención.

50 En base a las figuras 1, 2, 3 y 4a - 4c, a continuación se describirá detalladamente una primera forma de realización del dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención. A este respecto, la figura 1 muestra de manera altamente esquematizada la trayectoria de los rayos de exploración para la generación de la señal de impulso de referencia, la figura 2 muestra una vista superior sobre la medida materializada en la región de la marca de referencia, la figura 3 muestra una vista parcial del plano de detección incluyendo el cableado para generar la señal de impulso de referencia y las figuras 4a - 4c muestran diferentes desarrollos de señal en la región de la posición de referencia.

60 En el ejemplo de realización representado, el dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención está configurado como aparato de medición de longitud de luz transmitida y comprende 1 U de exploración 20 que está dispuesta de manera móvil en relación a la medida materializada 10 en la dirección de medición x. La medida materializada 10 y la unidad de exploración 20 están conectadas, por ejemplo, con dos objetos mutuamente dispuestos de manera móvil en la dirección de medición x. A este respecto, se puede tratar, por ejemplo, de dos piezas de máquina móviles. Por medio de las señales de salida generadas en función de la posición (señales incrementales, señales de impulso de referencia) del dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención, una unidad de mando acoplada podrá controlar apropiadamente dichas piezas de máquina de una

manera conocida.

Por lo demás, la representación en la figura 1 está altamente esquematizada, y en particular la vuelta de la medida materializada de la unidad de exploración 10 requerida para el sistema de transmisión de luz solo se insinúa en principio a través de la conexión en línea intermitente de las partes en el lado de la fuente de luz y las partes en el lado de detección de la unidad de exploración 10.

La medida materializada 10 en el presente ejemplo comprende una división incremental lineal 12 que se extiende en la dirección de medición x y que está dispuesta sobre un soporte de división 13. La división incremental 12 está formada por áreas parciales dispuestas periódicamente con el período de división  $TP_{INC} = 8 \mu m$  en la dirección de medición x, con diferentes propiedades ópticas que se extienden en el plano de división en la dirección y. En el ejemplo representado, la división incremental 12 está configurada como rejilla de fases con una desviación de fase de  $180^\circ$  y una relación de división de 1:1.

De manera adyacente a la pista con la división incremental 12, en el lado de la medida materializada 10 está dispuesta una marca de referencia 11 en una posición de referencia definida  $X_{REF}$  sobre el soporte de división 13; obviamente, en principio también es posible disponer marcas de referencia correspondientes en varias posiciones de referencia. La marca de referencia 11, al igual que la división incremental 12, también está configurada como rejilla de fases de transmisión de luz con una desviación de fase de  $180^\circ$  y está formada por estructuras con regiones parciales dispuestas de forma alternada 11.1, 11.2, que ejercen diferentes efectos de desplazamiento de fase sobre los haces de rayos incidentes.

Según se deriva de las figuras 1 y 2, la marca de referencia 11 en la posición de referencia  $X_{REF}$  comprende dos campos parciales de marca de referencia  $11_A$ ,  $11_B$  dispuestos de manera simétrica en relación a un eje de simetría de la marca de referencia RS. Cada uno de los dos campos parciales de marca de referencia  $11_A$ ,  $11_B$  está formado por una estructura que se extiende en la dirección de medición x o, respectivamente, una estructura de división de rejilla con periodos de división localmente modificables. En el ejemplo representado, las estructuras adyacentes al eje de simetría SR de la marca de referencia presentan respectivamente los periodos de división más pequeños, mientras que en la dirección de medición x hacia afuera se prevén periodos de división progresivamente mayores.

A este respecto, se hace referencia en particular a la figura 2, en la que las distancias  $d_{Ri}$  entre regiones parciales adyacentes 11.1, 11.2 de la marca de referencia 11 se dibujan en el campo parcial de marca de referencia derecho  $11_B$ . Tal como se puede ver, partiendo del eje de simetría de la marca de referencia RS hacia afuera rige:

$$d_{R1} < d_{R2} < d_{R3} < d_{R4}$$

Las estructuras en los dos campos parciales de marca de referencia  $11_A$ ,  $11_B$  de la marca de referencia 11 por lo tanto están configuradas como así llamadas estructuras parciales de frecuencia modulada pulsada, en donde está previsto un desarrollo de frecuencia modulada pulsada simétrico en relación al eje de simetría de la marca de referencia RS en los dos campos parciales de marca de referencia  $11_A$ ,  $11_B$ . La marca de referencia 11 de acuerdo con la invención tiene por lo tanto una estructura de frecuencia modulada pulsada simétrica.

El respectivo desarrollo de frecuencia modulada pulsada para el presente ejemplo también se puede indicar concretamente como frecuencia de división  $f_{MS}(X)$  en el lado de la medida materializada de los periodos de división localmente modificables en los dos campos parciales de marca de referencia  $11_A$ ,  $11_B$ . De esta manera, la magnitud  $f_{MS}(X)$  se selecciona como sigue:

$$f_{MS}(x) := 2f_0 \left( \frac{2}{L}x + 1 \right) \text{ para } -\frac{L}{2} \leq x < 0 \quad (\text{Ecuación 1.1})$$

y

$$f_{MS}(x) := \left| 2f_0 \left( \frac{2}{L}x - 1 \right) \right| \text{ para } 0 \leq x \leq \frac{L}{2}, \quad (\text{Ecuación 1.2})$$

en donde para el L rige:

$$L := \frac{n}{f_0}, \text{ n número entero,} \quad (\text{Ecuación 1.3})$$

con:

$f_{MS}(x)$  := frecuencia de división en el lado de la medida materializada en función de la posición en la dirección de medición  $x$

$f_0$  := frecuencia de división media en el lado de la medida materializada

$L$  := longitud de la estructura en el respectivo campo parcial de la marca de referencia en la dirección de medición  $x$

5

Hará la generación de las señales de salida en función del desplazamiento en forma de las señales incrementales periódicas y de la por lo menos una señal de impulso de referencia RI en por lo menos una posición de referencia definida  $X_{REF}$ , en la unidad de exploración 20 se dispone una serie de componentes que por motivos de simplicidad se denominan conjuntamente como medios de exploración. Entre los medios de exploración requeridos para la generación de la señal de impulso de referencia RI en el presente ejemplo figuran una fuente de luz 21 que irradia de manera divergente en la dirección de la medida materializada 10, así como una disposición de detección 22 especialmente configurada y adaptada a la marca de referencia 11. A este respecto, la disposición de detección 22 comprende elementos que a lo largo de la dirección de medición  $x$  están dispuestos de tal manera que partiendo de un eje de simetría central de la disposición de detección DS en la dirección de medición  $x$  las distancias entre centros de elementos adyacentes se modifican en la misma dirección que los períodos de división o las estructuras en los campos parciales de marca de referencia 11<sub>A</sub>, 11<sub>B</sub> a partir del eje de simetría de la marca de referencia RS. Por lo tanto, la disposición de detección 22, al igual que la marca de referencia, tiene una estructura de frecuencia modulada pulsada simétrica con respecto a la disposición de los elementos correspondientes.

10

15

20

En el primer ejemplo de realización representado en los elementos de la disposición de detección 22, los cuales se disponen de una manera definida de forma adaptada a la marca de referencia en el plano de detección, se trata de elementos de detector de conjunto ordenado 22.1, 22.2 de un conjunto ordenado de detector, tal como se puede ver en la figura 3. A este respecto, los elementos de detector de conjunto ordenado 22.1, 22.2 normalmente están configurados como fotodiodos en un correspondiente conjunto ordenado de fotodiodos, tienen una forma rectangular y están dispuestos a lo largo de la dirección de medición  $x$  de manera mutuamente adyacente. El eje longitudinal del rectángulo se extiende respectivamente de manera perpendicular a la dirección de medición  $x$  a lo largo de la dirección y señalada en la figura.

25

30

Alternativamente a una configuración de este tipo de la disposición de detección 22, también es posible, sin embargo, que en los elementos de la disposición de detección 22 se trate de áreas parciales de una rejilla de exploración, a las que se acoplan elementos de detector de gran superficie. En relación a esta posibilidad, se hace referencia a la subsiguiente descripción del cuarto ejemplo de realización.

35

Como se puede ver en la figura 3, la disposición de detección 22 del primer ejemplo de realización comprende un primer juego de elementos de detector de conjunto ordenado 22.1, así como un segundo juego de elementos de detector de conjunto ordenado 22.2. Los elementos de detector de conjunto ordenado 22.1, 22.2 del primer y segundo juego están dispuestos de forma alternada en la dirección de medición. A este respecto se modifican las distancias de separación entre centros  $d_{D1}, \dots, d_{Dn}$  de elementos de detector de conjunto ordenado adyacentes 22.1, 22.2 a partir del eje de simetría central de la disposición de detección DS hacia afuera en la misma dirección que los períodos de división de las estructuras en los dos campos parciales de marca de referencia 11<sub>A</sub>, 11<sub>B</sub> en el lado de la marca de referencia 11. Según se puede ver adicionalmente en la figura 3, en la proximidad inmediata al eje de simetría de la disposición de detección DS están previstas las distancias de separación entre centros más pequeñas y por ende los elementos de detector de conjunto ordenado 22.1, 22.2 más estrechos en la dirección  $x$ , mientras que respectivamente hacia afuera se localizan elementos de detector de conjunto ordenado 22.1, 22.2 progresivamente mayores o, respectivamente, distancias entre centros respectivamente mayores  $d_{Dn}$ . La disposición de frecuencia modulada pulsada sustancialmente simétrica de los elementos de la disposición de detector 22, es decir, en este caso de los elementos de detector de conjunto ordenado 22.1, 22.2, de acuerdo con la invención se ajusta por lo tanto a la disposición de frecuencia modulada pulsada igualmente simétrica de las estructuras de la marca de referencia 12.

40

45

50

Como se puede ver igualmente en la figura 3, todos los elementos de detector de conjunto ordenado 22.1, 22.2 de un juego se interconectan respectivamente en el lado de salida. De los elementos de detector de conjunto ordenado 22.1 del primer juego resulta la así llamada señal de sincronización de impulso de referencia RI<sub>T</sub> al pasar sobre la marca de referencia 11, según se representa en la figura 4a en la región de la posición de referencia  $X_{REF}$ . Los elementos de detector de conjunto ordenado 22.2 del segundo juego proporcionan la así llamada señal de sincronización contraria de impulso de referencia RI<sub>GT</sub> que en la figura 4b se muestra en la región de la posición de referencia  $X_{REF}$ . La señal de sincronización de impulso de referencia RI<sub>T</sub> y la señal de sincronización contraria de impulso de referencia RI<sub>GT</sub> se conectan de manera diferencial por medio del elemento de formación de diferencia 23. En la salida del elemento de formación de diferencia 23 resulta entonces la señal de impulso de referencia RI que puede ser procesada adicionalmente de una manera conocida para producir una referencia absoluta en la medición de posición; el desarrollo de la señal de impulso de referencia generada de esta manera en la región de la posición de referencia  $X_{REF}$  se representa en la figura 4c.

55

60

65

También la disposición de los elementos de la disposición de detección 22 se puede describir de manera similar a la caracterización de los campos parciales de marca de referencia 11<sub>A</sub>, 11<sub>B</sub> a través de las ecuaciones 1.1 - 1.3 por

medio de las frecuencias de división en el lado de detección  $f_{\text{Det}}(X)$ , que determina el desarrollo localmente modificable de las distancias entre centros de los elementos. La magnitud  $f_{\text{DET}}(X)$  por lo tanto se selecciona preferentemente de la siguiente manera:

$$f_{\text{Det}}(x) := \frac{2}{k} f_0 \left( \frac{1}{L} x + 1 \right) \text{ para } -L \leq x < 0 \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

5 y con:

$$f_{\text{Det}}(x) := \frac{2}{k} f_0 \left( \frac{1}{L} x - 1 \right) \text{ para } 0 \leq x \leq L, \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

10  $f_{\text{Det}}(x)$  := frecuencia de división en el lado del detector en función de la posición en la dirección de medición  $x$   
 $f_0$  := frecuencia de división media en el lado de la medida materializada  
 $L$  := longitud de la respectiva disposición de elementos en el lado del detector en la dirección de medición  $x$   
 $k$  := 1,2

15 La magnitud  $k$  en las ecuaciones 2.1 y 2.2 caracteriza el tipo de exploración óptica respectivamente seleccionado, en particular cuáles órdenes de difracción generadas por la medida materializada contribuyen a la obtención de la señal.

20 Así,  $k = 1$  describe un sistema en el que en el lado de la medida materializada 10 o la división incremental 12, respectivamente, se generan sustancialmente +/- 1. órdenes de difracción. La división incremental 12, al igual que la marca de referencia 11, en este caso está configurada como rejilla de fases con una desviación de fase de  $180^\circ$  y una relación de división de 1:1.

25 Mediante  $k = 2$  se caracteriza un sistema en el que por el lado de la división incremental de la medida materializada además de los +/- 1. Órdenes de difracción también se genera un orden de difracción de 0. que contribuye a la obtención de la señal. En este caso, en el lado de la detección habrá entonces determinados niveles de detección en los que existe un contraste máximo del patrón de barras generado a partir de la exploración de la medida materializada. Una división incremental apropiada para esto, así como la marca de referencia correspondiente, están configuradas como rejilla de amplitudes o bien como rejilla de fases con una desviación de fase de  $90^\circ$  y una  
 30 relación de división de 1:1.

En lo relacionado con la marca de referencia de frecuencia modulada pulsada, la relación de división previamente mencionada a este respecto se debe considerar respectivamente como relación de división local.

35 También se ha demostrado que es ventajoso si en un dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención la extensión  $b_{LQ}$  de la fuente de luz 21 en la dirección de medición  $x$  se selecciona de acuerdo con la siguiente relación:

$$b_{LQ} < \frac{1}{2f_0} \quad (\text{Ecuación 3})$$

40 con:

$b_{LQ}$  := extensión de la fuente de luz en la dirección de medición  
 $f_0$  := frecuencia de división media en el lado de la medida materializada

45 En una realización concreta de la primera forma de realización de un dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención están previstos los siguientes parámetros:

50  $TP_{\text{INC}} = 8 \mu\text{m}$  (periodo de señal =  $4 \mu\text{m}$ )  
 $F_0 = 35/\text{mm}$   
 $L = 1 \text{ mm}$   
 $k = 1$

55 Como fuente de los 21 aquí se prevé una fuente de luz puntual, por ejemplo una así llamada fuente de los VCSEL (por las siglas en inglés de *Vertical Cavity Surface Emitting Laser* o "Láser de emisión de superficie de cavidad vertical").

60 Otras formas de realización adicionales del dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención serán descritas a continuación con referencia a las figuras restantes. A este respecto, en cada caso se mencionarán únicamente las diferencias determinantes con respecto al primer ejemplo de realización y por lo demás se hará referencia a la descripción detallada del primer ejemplo, en particular también en lo referente a las reglas de

dimensionamiento explicadas en este contexto.

Una segunda forma de realización del dispositivo óptico de medición de posición se representan las figuras 5 y 6 de forma parcialmente esquematizada. De manera contraria a la primera variante de realización concreta, ahora en la unidad de exploración 200 no se emplea una fuente de luz puntual 121 en forma de una fuente de luz VCSEL, sino una fuente de luz espacialmente expandida 121, que sin embargo también irradia de forma divergente en la dirección de la medida materializada 110. Para esto se puede usar, por ejemplo, un LED con una longitud de borde de 300 μm. Debido al uso de la fuente de luz espacialmente expandida 121, ahora también se dispone adicionalmente un diafragma 150 con una ranura de transmisión 151 con una anchura b en la dirección de medición x entre la fuente de los 121 y la medida materializada 110, debido a que el principio de exploración usado presupone una fuente de luz puntual.

En lo referente a la extensión b de la ranura de transmisión 151 en la dirección de medición x, preferentemente se debería tener en cuenta la siguiente ecuación (4):

$$b_{SP} < \frac{1}{2f_0} \quad (\text{Ecuación 4})$$

En la figura 5 nuevamente se representan solo aquellos componentes en la trayectoria de los rayos de exploración que sirven para la generación de la señal de impulso de referencia RI de acuerdo con la invención, pero no todos los componentes requeridos para la generación de las señales incrementales.

En la figura 6 se representa una vista superior sobre el diafragma 150. El diafragma 150 comprende, además de la ranura de transmisión 151 previamente mencionada, para generar la señal de impulso de referencia RI comprende adicionalmente una rejilla de transmisión 161 dispuesta de manera adyacente en la dirección γ para la exploración incremental.

En cuanto a la generación de la señal de impulso de referencia RI, también en esta variante está previsto que sobre la medida materializada 110 se forme una marca de referencia 111 con estructuras de frecuencia modulada pulsada simétrica en los dos campos parciales de marca de referencia 111A, 111B. Los medios de exploración en el lado de la unidad de exploración 120 comprenden, al igual que en el primer ejemplo, además de la fuente de luz divergente 121 una disposición de detección 122 con una disposición de elementos de frecuencia modulada pulsada igualmente simétrica, por ejemplo elementos de detector de conjunto ordenado. En lo referente a las reglas de disposición concretas nuevamente se hace referencia a las explicaciones previamente ofrecidas.

En una realización concreta de la segunda forma de realización de un dispositivo óptico de medición de posición están previstos los siguientes parámetros:

TP<sub>INC</sub> = 8 μm (periodo de señal = 4 μm)  
 f<sub>0</sub> = 7,5/mm  
 L = 2,133 mm  
 b<sub>SP</sub> = 0,048 mm  
 k = 1

En esta variante de realización se tiene como resultado una señal de impulso de referencia que es considerablemente más ancha que el período de señal de las señales incrementales. Por lo tanto es necesario someter la señal de impulso de referencia a un procesamiento adicional apropiado para obtener una señal de impulso de referencia con la anchura de un período de señal de las señales incrementales.

Una tercera forma de realización adicional del dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención se representa en las figuras 7 y 8.

A diferencia de los ejemplos descritos hasta ahora, en los que respectivamente se ha seleccionado k = 1, ahora está previsto seleccionar la magnitud k = 2. Esto significa que se usa una medida materializada 221 diferente. De esta manera, ahora se prevé una división incremental con un período de división claramente mayor; en la obtención de la señal, además de los órdenes de difracción +/- 1. también se emplea el orden de difracción generado 0.

Como un el segundo ejemplo de realización, nuevamente está previsto el uso de una fuente de luz 221 de irradiación divergente, espacialmente expandida en la unidad de exploración 220, por lo que nuevamente se dispone un diafragma 250 con una ranura de transmisión 251 con la anchura b<sub>SP</sub> entre la fuente de luz 221 y la medida materializada 210.

Como una particularidad adicional en este ejemplo de realización también cabe mencionar que debido al principio de exploración empleado y el uso del orden de difracción 0., Los elementos de la disposición de detección 222 a lo

largo de la dirección de medición  $x$  ahora están dispuestos de tal manera que corresponden a una imagen de escala ampliada de las estructuras en los campos parciales de marca de referencia 211<sub>A</sub>, 211<sub>B</sub> de la marca de referencia 211.

5 En lo referente a la disposición fundamental de las estructuras en los campos parciales de marca de referencia 211<sub>A</sub>, 211<sub>B</sub> o la disposición de los elementos en la disposición de detección 222, respectivamente, nuevamente se hace referencia a las descripciones ofrecidas en relación al primer ejemplo de realización.

10 Para una realización concreta de la tercera forma de realización de un dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención se prevén los siguientes parámetros:

15 Extensión espacial de la fuente de luz (LED): 300  $\mu\text{m}$   
 $TP_{\text{INC}} = 20 \mu\text{m}$  (período de señal = 20  $\mu\text{m}$ )  
 $f_0 = 11/\text{mm}$   
 $L = 2 \text{ mm}$   
 $b_{\text{SP}} = 0,045 \text{ mm}$   
 $k = 2$

20 Con la selección de estos parámetros, en este ejemplo se tiene como resultado una señal de impulso de referencia con una anchura que corresponde al período de la señal incremental.

25 Finalmente se quiere describir un cuarto ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención, con referencia a la figura 9. En dichas figuras se muestra de manera esquematizada una vista del plano de detección en la unidad de exploración con una variante alternativa de la disposición de detección 322.

30 En los tres ejemplos de realización descritos hasta ahora, los elementos de la disposición de detección de frecuencia modulada pulsada correspondientemente dispuestos estaban configurados respectivamente como elementos de detector de conjunto ordenado de un conjunto ordenado de detección apropiado. En el cuarto ejemplo de realización está previsto ahora que en los elementos de la disposición de detector 322 de frecuencia modulada pulsada correspondientemente dispuestos se trata de las áreas de división 323.1<sub>1</sub> ... 323.1<sub>n</sub> o 323.1<sub>1</sub> ... 323.1<sub>n</sub> de rejillas de exploración, a las que respectivamente se acoplan elementos de detector de gran superficie 322.1, 322.2. En el ejemplo de realización representado, la disposición de detección 322 comprende dos elementos de detector de gran superficie 322.1, 322.2 que están configurados respectivamente de forma rectangular, en donde el eje longitudinal del rectángulo se extiende en la dirección de medición  $x$ . Debido a la configuración complementaria de las rejillas de exploración con las áreas de división correspondientemente dispuestas de frecuencia modulada pulsada 323.1<sub>1</sub> ... 323.1<sub>n</sub> o 323.2<sub>1</sub> ... 323.2<sub>n</sub>, respectivamente, por medio del elemento de detector 322.1 se genera la señal de sincronización del impulso de referencia  $RI_T$  y por medio del elemento de detector 322.2 se genera la señal de sincronización contraria del impulso de referencia  $RI_{GT}$ . Después de formarse la diferencia a partir de estas dos señales a través del elemento de formación de diferencia 323, en la salida del mismo se obtiene como resultado la señal de referencia  $RI$ .

45 La disposición del eje de simetría de la disposición de detección simétricamente prevista  $DS$  de las áreas de división 323.1<sub>1</sub> ... 323.1<sub>n</sub> o 323.1<sub>1</sub> ... 323.1<sub>n</sub> corresponde para cada elemento de detector 322.1, 322.1 a las regularidades previamente mencionadas para los elementos a diferencia de las disposiciones de detección que allí respectivamente estaban configuradas como elementos de detector de conjunto ordenado.

50 Una variante semejante para la configuración de la disposición de detección 322 puede entrar en consideración, por ejemplo, en caso de requerirse elementos de detector de conjunto ordenado relativamente estrechos y los mismos ya no puedan producirse por motivos relacionados con la tecnología. En principio existen determinadas anchuras y separaciones mínimas para tales conjuntos ordenados de detectores que debido a limitaciones tecnológicas no pueden dejar de cumplirse. Por el contrario, resulta menos problemático aplicar rejillas de exploración correspondientemente estructuradas sobre elementos de detector de gran superficie que en lo referente a la exploración funcionan de una manera equivalente.

55 Además de los ejemplos de realización descritos hasta ahora, en el marco de la presente invención obviamente existen también otras posibilidades de realización adicionales para el dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la invención.

60 Así, el dispositivo de medición de posición de acuerdo con la invención puede ser configurado tanto como aparato de medición de longitud es para el registro de movimientos de desplazamiento lineales, al igual que como aparato de medición de posición rotatorio para el registro de movimientos de rotación alrededor de un eje de rotación.

65 Obviamente, de igual manera también es posible que además de las variantes de luz transmitida previamente descritas, de acuerdo con la invención también se configuren variantes de luz incidente correspondientemente estructuradas con medidas materializadas de reflexión exploradas.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo óptico de medición de posición para detectar la posición de dos objetos que pueden moverse relativamente entre sí en por lo menos una dirección de medición (x), con

- una medida materializada (10; 110; 210) que está conectada con uno de los dos objetos y que presenta una división incremental (12) que se extiende en la dirección de medición (x), así como por lo menos una marca de referencia (11; 111; 211) en una posición de referencia (X<sub>REF</sub>), en donde la marca de referencia (11; 111; 211) comprende dos campos parciales de marca de referencia (11<sub>A</sub>, 11<sub>B</sub>; 111<sub>A</sub>, 111<sub>B</sub>; 211<sub>A</sub>, 211<sub>B</sub>) dispuestos simétricamente en relación a un eje de simetría de la marca de referencia (RS) y que están formados respectivamente por una estructura que se extiende en la dirección de medición (x) con un periodo de división localmente modificable,

- una unidad de exploración (20; 120; 220) que está conectada con el otro de los dos objetos y a la que se asignan medios de exploración que sirven para generar por lo menos una señal de referencia (RI) en la posición de referencia (X<sub>REF</sub>),

**caracterizado por que**

los medios de exploración comprenden por lo menos los siguientes componentes:

- una fuente de luz (21; 121; 221) que irradia de manera divergente en la dirección de la medida materializada (10; 110; 210),

- una disposición de detección (22; 122; 222) con elementos que están dispuestos de tal manera a lo largo de la dirección de medición (x) que a partir de un eje de simetría central de la disposición de detección (DS) en la dirección de medición (x) las distancias entre centros (d<sub>D1</sub>,...d<sub>Dn</sub>) entre elementos adyacentes se modifican en la misma dirección que los periodos de división de las estructuras en los campos parciales de marca de referencia (11<sub>A</sub>, 11<sub>B</sub>; 111<sub>A</sub>, 111<sub>B</sub>; 211<sub>A</sub>, 211<sub>B</sub>) a partir del eje de simetría de la marca de referencia (RS).

2. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los campos parciales de marca de referencia (11<sub>A</sub>, 11<sub>B</sub>; 111<sub>A</sub>, 111<sub>B</sub>; 211<sub>A</sub>, 211<sub>B</sub>) están configurados de tal manera que de forma adyacente al eje de simetría de la marca de referencia (RS) las estructuras presentan respectivamente los menores periodos de división y en la dirección de medición (x) hacia afuera se prevén respectivamente periodos de división progresivamente mayores.

3. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la frecuencia de división en el lado de la medida materializada (f<sub>MS</sub>(x)) de los periodos de división localmente modificables en los dos campos parciales de marca de referencia (11<sub>A</sub>, 11<sub>B</sub>; 111<sub>A</sub>, 111<sub>B</sub>; 211<sub>A</sub>, 211<sub>B</sub>) se selecciona de la siguiente manera:

$$f_{MS}(x) := 2f_0 \left( \frac{2}{L}x + 1 \right) \text{ para } -\frac{L}{2} \leq x < 0$$

y

$$f_{MS}(x) := \left| 2f_0 \left( \frac{2}{L}x - 1 \right) \right| \text{ para } 0 \leq x \leq \frac{L}{2},$$

en donde para el L rige:

$$L := \frac{n}{f_0},$$

n es un número entero, con:

f<sub>MS</sub> (x) := frecuencia de división en el lado de la medida materializada en función de la posición en la dirección de medición x

f<sub>0</sub> := frecuencia de división media en el lado de la medida materializada

L := longitud de la estructura en el respectivo campo parcial de la marca de referencia en la dirección de medición x.

4. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los elementos de la disposición de detección (22; 122; 222) están dispuestos con las siguientes frecuencias de división

en el lado del detector ( $f_{Det}(x)$ ):

$$f_{Det}(x) := \frac{2}{k} f_0 \left( \frac{1}{L} x + 1 \right)$$

5 para  $-L \leq x < 0$  y

$$f_{Det}(x) := \left| \frac{2}{k} f_0 \left( \frac{1}{L} x - 1 \right) \right|$$

| para  $0 \leq x \leq L$ , con:

- 10  $f_{Det}(x)$  := frecuencia de división en el lado del detector en función de la posición en la dirección de medición  $x$   
 $f_0$  := frecuencia de división media en el lado de la medida materializada  
 $L$  := longitud de la respectiva disposición de elementos en el lado del detector en la dirección de medición  $x$   
 $k$  := 1,2

15 5. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los elementos de la disposición de detección (222) a lo largo de la dirección de medición ( $x$ ) están dispuestos de tal manera que corresponden a una imagen de escala ampliada de la estructura de los campos parciales de marca de referencia (211A, 211B).

20 6. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la extensión de la fuente de luz (21; 121; 221) en la dirección de medición ( $x$ ) se selecciona de la siguiente manera:

$$b_{LQ} < \frac{1}{2f_0},$$

25 con:

$b_{LQ}$  := extensión de la fuente de luz en la dirección de medición  
 $f_0$  := frecuencia de división media en el lado de la medida materializada.

30 7. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** entre la fuente de luz (121; 221) y la medida materializada (110; 210) está dispuesto un diafragma (150; 250) con una ranura de transmisión (151; 251).

35 8. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** la extensión de la ranura de transmisión (151; 251) en la dirección de medición ( $x$ ) se selecciona de la siguiente manera:

$$b_{SP} < \frac{1}{2f_0},$$

con:

40  $b_{SP}$  := extensión de la ranura de transmisión en la dirección de medición  
 $f_0$  := frecuencia de división media en el lado de la medida materializada.

45 9. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la marca de referencia (11; 111; 211) y la división incremental (12) están configuradas como rejilla de fases con una desviación de fase de  $180^\circ$  y una relación de división de 1:1.

50 10. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 1 - 7, **caracterizado por que** la marca de referencia (11; 111; 211) y la división incremental (12) están configuradas como rejilla de amplitudes o como rejilla de fases con una desviación de fase de  $90^\circ$  y una relación de división de 1:1.

11. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** los elementos de la disposición de detección (22; 122; 222) están configurados como elementos de detector de conjunto ordenado (22.1, 22.2) de un conjunto ordenado de detector.
- 5 12. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** la disposición de detección (22; 122; 222) comprende un primer juego de elementos de detector de conjunto ordenado (22.1) y un segundo juego de elementos de detector de conjunto ordenado (22.1) y respectivamente los elementos del detector de conjunto ordenado (22.1, 22.2) de un juego están interconectados en el lado de salida.
- 10 13. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los elementos de la disposición de detección (322) están configurados como áreas de división (323.1<sub>1</sub> ... 323.1<sub>n</sub>, 323.1<sub>1</sub> ... 323.1<sub>n</sub>) de una rejilla de exploración, cuyo por lo menos un elemento de detector de gran superficie (322.1, 322.2) está acoplado de manera subordinada.
- 15 14. Dispositivo óptico de medición de posición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la disposición de detector (322) comprende dos elementos de detector de gran superficie (322.1, 322.2), ante los que se disponen rejillas de exploración de configuración complementaria.

FIG. 1

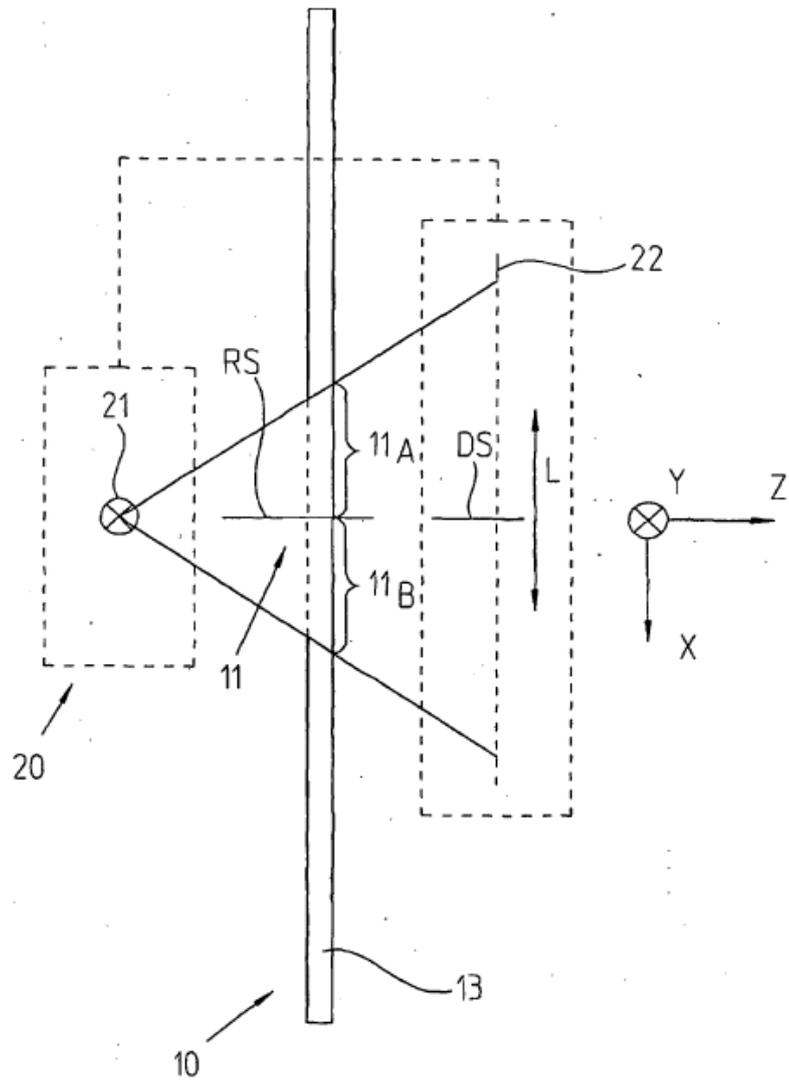




FIG. 4a

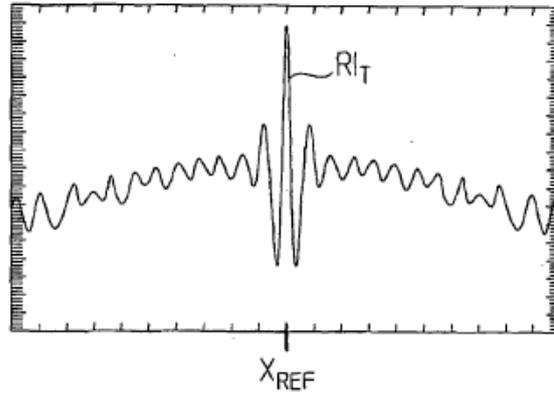


FIG. 4b

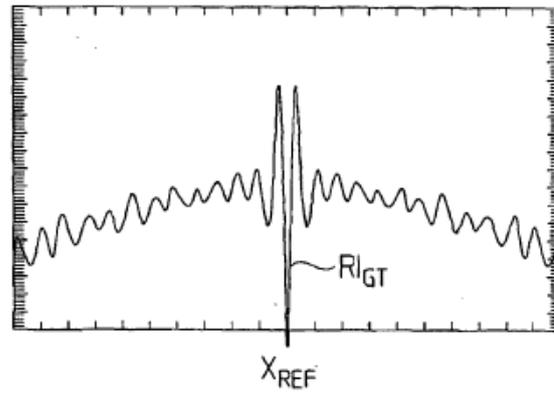


FIG. 4c

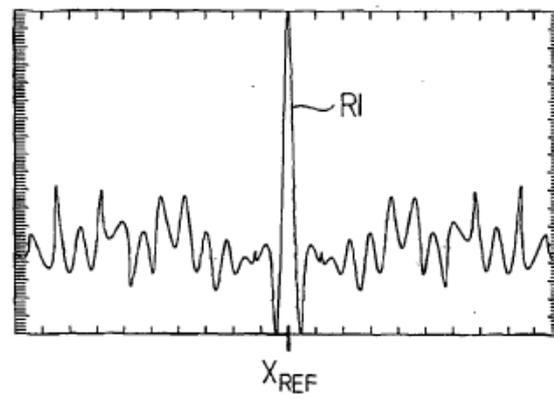


FIG. 5

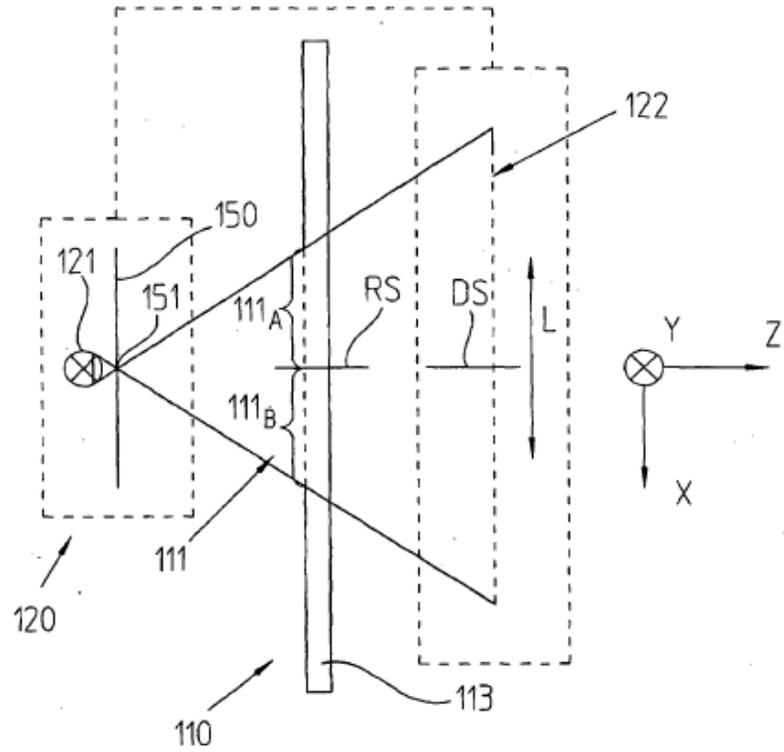


FIG. 6

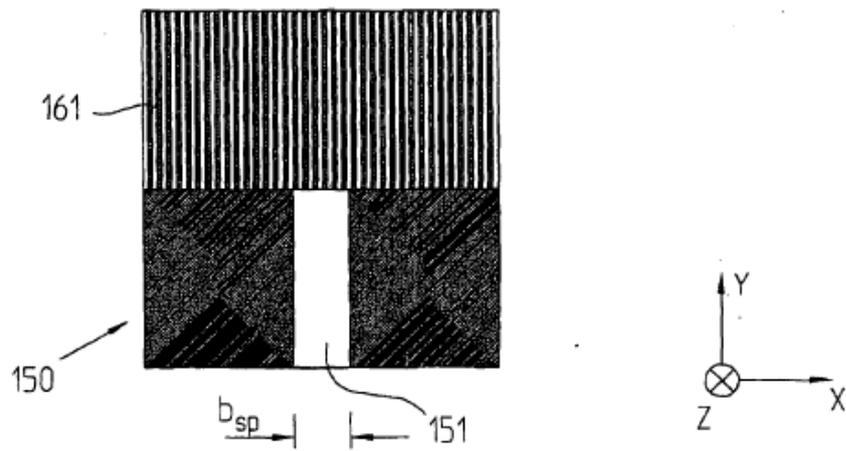


FIG. 7

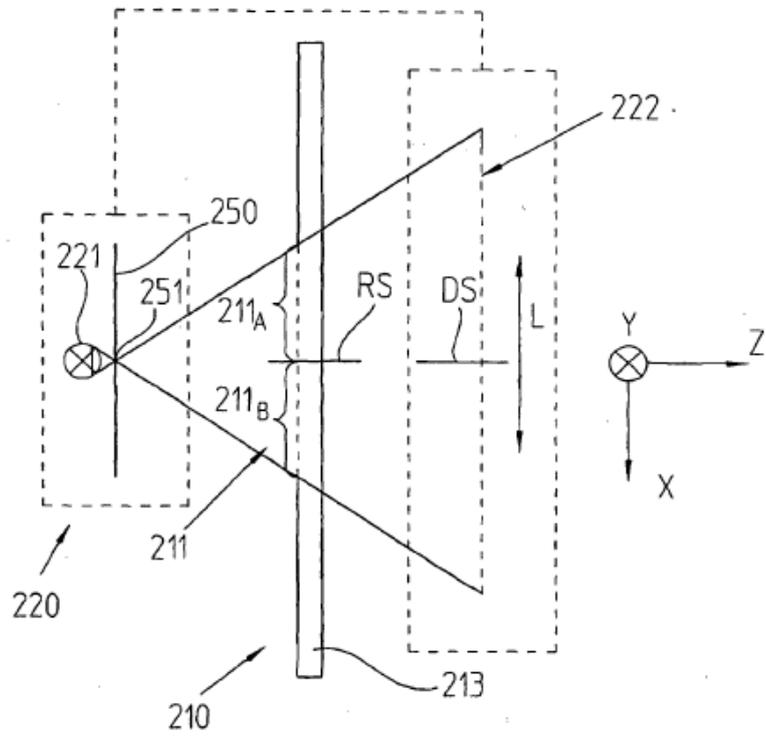


FIG. 8

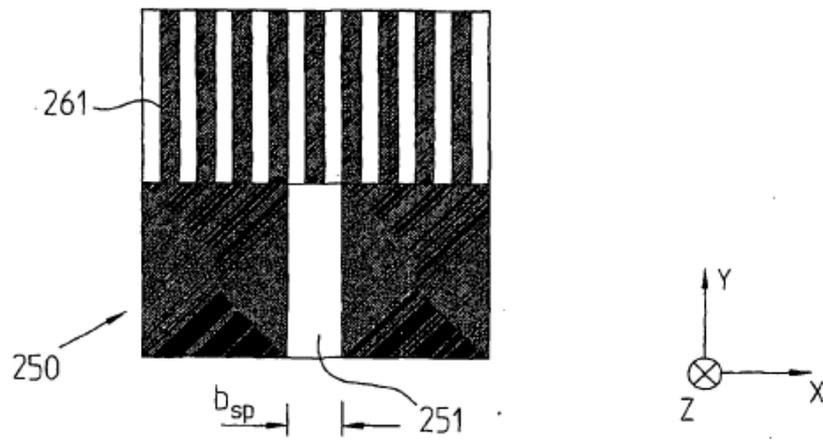


FIG. 9

