

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 318**

51 Int. Cl.:

G01D 5/38

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2006** E 13178929 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016** EP 2660566

54 Título: **Codificador óptico para determinar la posición de dos partes que son móviles entre sí en dos direcciones de movimiento**

30 Prioridad:

12.09.2005 DE 102005043569

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

23.03.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HOLZAPFEL, WOLFGANG

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 606 318 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

Codificador óptico para determinar la posición de dos partes que son móviles entre sí en dos direcciones de movimiento

La presente invención se refiere a una instalación de medición óptica de la posición.

5 En instalaciones de fabricación de semiconductores es necesario determinar la posición especial de determinadas partes, que son móviles entre sí, de manera precisa por medio de instalaciones de medición de la posición adecuadas. A través de las informaciones de la posición es posible entonces un control del ciclo asistido por ordenador en estas instalaciones. Así, por ejemplo, en pespuntadores de obleas debe medirse con mucha precisión la posición de la máscara y de la oblea en todos los 6 grados de libertad (5DOF). Hasta ahora esta medición de la posición se realizaba de manera predominante por medio de varios interferómetros de láser. En el futuro hay que partir de que los requerimientos de exactitud planteados a la medición de la posición con una velocidad de la marcha al mismo tiempo creciente de las diferentes partes se incrementarán cada vez más. Mientras que tal vez hasta ahora estaban previstos requerimientos de exactitud de pocos nm a velocidades de aproximadamente 1 m/s, en el futuro hay que partir de exactitudes de subnanómetros a velocidades claramente más elevadas. No obstante, en los requerimientos de exactitud altos hasta ahora no se pueden utilizar ya interferómetros por láser como instalaciones de medición de la posición, puesto que las oscilaciones del índice de difracción en el aire ambiente conducen, incluso con toberas de aire óptimas a oscilaciones del valor de medición en la medición de la posición de algunos nm.

Por este motivo, se proponen ya instalaciones de medición de la posición alternativas en tales instalaciones. Así, por ejemplo, se conoce a partir del documento EP 1 019 669 B1 emplear instalaciones ópticas de medición de la posición con las llamadas rejillas cruzadas como incorporación de medición bidimensional. Tales sistemas apenas están influenciados por eventuales oscilaciones del índice de difracción del aire y, por lo tanto, permiten mediciones de la posición bien reconocibles.

A partir de la exploración de la rejilla cruzada se pueden detectar según la técnica de medición en tales sistemas, entre otros, los grados laterales de libertad X, Y, Rz (X: traslación a lo largo del eje-X; Y: traslación a lo largo del eje-Y, Rx: rotación alrededor del eje-Z); para detectar según la técnica de medición todos los seis grados de libertad posibles, es decir, también los grados de libertad adicionales Z, Ry (Z: traslación a lo largo del eje-Z; Rx: rotación alrededor del eje-x; Ry: rotación alrededor del eje-y); por lo tanto, es necesaria adicionalmente una medición de la posición en dirección-z. En el documento EP 1 019 669 B1 se proponen con esta finalidad sensores de distancia adicionales, por ejemplo pulsadores de medición capacitivos o de contacto. Tales sensores de distancia no son ya suficientes, sin embargo, para las exactitudes requeridas.

De manera alternativa, como sensores de distancia, que proporcionan la exactitud necesaria, se podrían emplear también interferómetros. Sin embargo, esto requieren de nuevo un sobregasto significativo con respecto a la carcasa, procesamiento de las señales. corrección de las señales. De esta manera, en este caso es tal vez difícil aplicar toberas de aire, que presentan un desarrollo laminar de la circulación paralela o perpendicularmente a la rejilla cruzada. Sin embargo, tales toberas de aire sería imprescindibles para una exactitud de medición suficiente con interferómetro en este lugar. Además, es problemático conseguir la sincronización temporal exacta de los valores de medición de la posición a partir de la exploración de la rejilla cruzada y de la medición de la distancia con interferómetro.

Por lo demás, se conocen instalaciones de medición de la posición basadas en rejilla, por medio de las cuales es posible también una determinación de la distancia de exploración entre dos rejillas en la entrada de rayos de exploración. Por ejemplo, se remite en este contexto el documento EP 448 982 B1.

El documento WO/99170073 publica una instalación de medición de la posición, en la que se detectan ópticamente dos dimensiones y se detecta mecánicamente la tercera.

45 El cometido de la presente invención es indicar una instalación de medición de la posición, que permite medir con la menor distancia posible al mismo tiempo al menos un grado de libertad lateral y un grado de libertad vertical de dos objetos móviles entre sí en un lugar de medición común con alta exactitud.

Este problema se soluciona de acuerdo con la invención por medio de una instalación de medición de la posición con las características de la reivindicación 1.

50 Las formas de realización ventajosas de la instalación de medición de la posición de acuerdo con la invención se deducen a partir de las medidas indicadas en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la invención, se propone una instalación de medición de la posición para la detección de la posición de dos objetos móviles relativamente entre sí con una incorporación de medición, que está conectada con los dos objetos así como con al menos un sistema de exploración para la exploración de la incorporación de medición, que

está conectada con el otro de los dos objetos. El sistema de exploración está configurado de tal forma que es posible, además, una determinación simultánea del valor de la posición a lo largo de al menos una dirección de desplazamiento lateral como también a lo largo de una dirección de desplazamiento vertical.

5 Por lo demás, sobre lados del sistema de exploración para la determinación de la posición en dirección de desplazamiento lateral y vertical, están configuradas una primera y una segunda trayectoria de los rayos de exploración, En éstas trayectorias se puede generar, respectivamente, a partir de dos haces de rayos parciales de interferencia en el lado de salida un grupo de señales desfasadas.

10 En una forma de realización ventajosa de la instalación de medición de la posición, los dos haces de rayos parciales de cada trayectoria de haces de exploración se extienden asimétricamente con respecto a un plano perpendicular a la dirección de desplazamiento lateral. Además, la segunda trayectoria de los rayos se extienden en simetría de espejo con respecto a la primera trayectoria de los rayos con relación a un plano perpendicular a la dirección de desplazamiento lateral y los dos haces de rayos parciales de cada trayectoria de los rayos de exploración experimentan en la incorporación de medición una difracción en diferentes órdenes de difracción.

15 Con preferencia, los dos haces de rayos parciales de cada trayectoria de los rayos de exploración en la incorporación de medición experimentan una difracción en +1 o bien -1 orden de difracción.

En una forma de realización posible de la instalación de medición de la posición, están previstos, además, unos medios de evaluación, para determinar a partir de las señales desfasadas interpoladas de ambos grupos valores de posición primarios, a partir de los cuales se puede calcular un valor de posición lateral y un valor de posición vertical.

20 Además, pueden estar previstos medios de compensación, para compensar errores eventuales errores de interpolación de aquellos valores de posición, a partir de los cuales se puede calcular un valor de posición lateral y un valor de posición vertical.

En una forma de realización ventajosa, en la instalación de medición de la posición de acuerdo con la invención, en las trayectorias de los rayos de exploración respectivas están dispuestos medios ópticos para garantizarse en cada caso las mismas longitudes de las trayectorias ópticas para los haces de rayos parciales de interferencia.

25 En una variante posible de la instalación de medición de la posición de acuerdo con la invención, la incorporación de medición comprende una rejilla cruzada bidimensional y tres sistemas de exploración, que están en disposición no co-lineal entre sí, para detectar a partir de los valores de posición enlazados de los tres sistemas de exploración el movimiento de los dos objetos en todos los seis grados de libertad espacial.

30 Especialmente ventajosa es la instalación de medición de la posición de acuerdo con la invención para la determinación de la posición de componentes de una instalación de fabricación de semiconductores.

Otras ventajas así como detalles de la presente invención se deducen a partir de la descripción siguiente de los principios que sirven de base a la invención así como de dos ejemplos de realización concretos con la ayuda de las figuras adjuntas. En este caso:

35 La figura 1 muestra una representación esquemática del principio de una instalación de medición de la posición de interferencia basada en rejilla.

La figura 2 muestra una representación esquemática de una disposición de medición para la detección técnica de medición de todos los seis grados de libertad.

La figura 3 muestra diferentes vistas de la trayectoria de rayos de exploración de una primera forma de realización de la instalación de medición de la posición de acuerdo con la invención.

40 La figura 4 muestra una representación esquemática, con cuya ayuda se explica la determinación del vector de sensibilidad del ejemplo de la figura 3.

La figura 5 muestra una trayectoria de los rayos de exploración de una segunda forma de realización de la instalación de medición de la posición de acuerdo con la invención.

45 La figura 6 muestra una representación esquemática con cuya ayuda se explica la determinación del vector de sensibilidad del ejemplo de la figura 5.

Antes de explicar en detalle a continuación los principios en los que se basa la presente invención, se explica en primer lugar una descripción matemática de aparatos interferenciales de medición de la posición, con incorporaciones de medición configuradas como rejilla. Ésta se utiliza a continuación también para la descripción detallada de la presente invención.

50 En instalaciones interferenciales de medición de la posición basadas en rejilla, se divide normalmente un haz de

rayos de una fuente de iluminación en dos (o más) haces de rayos parciales. Los haces de rayos parciales se desplazan a través de difracción en una rejilla de incorporación de medición de manera diferente en su fase y finalmente se llevan de nuevo a interferencia. Las longitudes del trayecto óptico recorridas deben ser en este caso a ser posible de la misma longitud. De esta manera, se realizan valores de posición independientemente de la longitud de onda de la fuente de iluminación. Las trayectorias de los rayos de instalaciones de medición de la posición de alta resolución se seleccionan, por lo tanto, normalmente simétricamente a un plano (YZ) perpendicular a la dirección de medición (X). Las instalaciones interferenciales de medición de la posición basadas en rejilla son de esta manera también independientes frente a modificaciones de la distancia (Z) entre el sistema de exploración y la incorporación de medición, lo que es, en principio, una propiedad deseada.

Para poder delimitar con precisión la presente invención desde el principio básico de instalaciones interferenciales de medición de la posición basadas en rejilla anteriores, debe iluminarse con más precisión la interacción (difracción de la rejilla combinada con transmisión o bien reflexión) de los dos haces de rayos parciales con la rejilla de la incorporación de medición. En cada interacción se modifican los vectores-k de los haces de rayos parciales de la siguiente manera:

$$\Delta \vec{k}_n = \vec{k}_{n,out} - \vec{k}_{n,in} \quad (\text{primer haz de rayos parciales}) \text{ o bien}$$

$$\Delta \vec{k}'_n = \vec{k}'_{n,out} - \vec{k}'_{n,in} \quad (\text{segundo haz de rayos parciales})$$

En este caso, n enumera, respectivamente, las interacciones de los haces de rayos parciales con la incorporación de medición. Como se deduce, por ejemplo, a partir de la representación de principio en la figura 1, normalmente resultan la mayoría de las veces una o dos interacciones con la incorporación de medición 10. Los desplazamientos de fases $\Delta\Phi_n$ para el primer haz de rayos parciales o bien $\Delta\Phi'_n$ para el segundo haz de rayos parciales a través de la n interacción con la incorporación de medición 10 se dan entonces a través de la ecuación

$$\Delta\Phi_n = -\Delta\vec{k}_n \cdot \Delta\vec{x}_M \quad (\text{primer haz de rayos parciales}) \text{ o bien}$$

$$\Delta\Phi'_n = -\Delta\vec{k}'_n \cdot \Delta\vec{x}_M \quad (\text{segundo haz de rayos parciales})$$

cuando $\Delta\vec{x}_M$ designa el desplazamiento de la posición de la incorporación de medición 10. El desplazamiento de fases de los dos haces de rayos parciales en el lugar de la interferencia da como resultado el vapor de posición ξ representado de la instalación de medición de la posición correspondiente según

$$\xi = \frac{SP}{2\pi} \sum_n (\Delta\Phi_n - \Delta\Phi'_n) = -\frac{SP}{2\pi} \sum_n (\Delta\vec{k}_n - \Delta\vec{k}'_n) \cdot \Delta\vec{x}_M$$

Con:

SP = periodo de la señal de la instalación de medición de la posición

$\Delta\vec{x}_M$ = posición de la incorporación de medición

De esta manera se puede definir ahora un vector de sensibilidad \vec{a} , que describe la modificación lineal del valor de la posición con el desplazamiento $\Delta\vec{x}_M$ de la incorporación de medición:

$$\xi = \vec{a} \cdot \Delta\vec{x}_M,$$

con

$$\vec{a} = -\frac{SP}{2\pi} \sum_n (\Delta\vec{k}_n - \Delta\vec{k}'_n)$$

A través de la estructura simétrica mencionada de instalaciones de interferenciales de medición de la posición basadas en rejilla de alta resolución, $\Delta\vec{k}'_n$ está siempre en simetría de espejo (con referencia al plano-YZ) con respecto a $\Delta\vec{k}_n$ y el vector de sensibilidad \vec{a} está, por lo tanto, paralelo al plano de la incorporación de medición 10.

Esto es naturalmente intencionado, puesto que sólo debe medirse a lo largo del plano de la incorporación de medición, Una pura modificación de la distancia $\Delta\vec{x}_M = \Delta z \cdot \vec{e}_z$ de la incorporación de medición 10 con relación a la unidad de exploración no conduce a ninguna modificación del valor de posición.

5 De acuerdo con la invención se propone ahora una instalación de medición de la posición con sistemas de exploración que miden al mismo tiempo al menos una posición lateral (X, Y) y una distancia vertical (Z). A través del enlace de valores de posición de al menos tres sistemas de exploración de este tipo, que exploran la incorporación de medición en tres lugares diferentes dispuestos no colineales y que están alineados en al menos dos direcciones laterales de medición o bien de desplazamiento diferentes (X, Y), se pueden determinar todos los seis grados de libertad.

10 Un ejemplo de una disposición de este tipo se muestra en la figura 2 incluyendo algunas variables relevantes. Los valores de la posición $\xi_X, \xi_Y, \xi_Z, \xi_{RX}, \xi_{RY}, \xi_{RZ}$ (llamados valores terciarios de la posición) son calculados a partir de una combinación lineal adecuada de valores secundarios de la posición $\xi_{X1}, \xi_{X2}, \xi_{Y1}, \xi_{Z1}, \xi_{Z2}, \xi_{Z3}$, que proporcionan en primer lugar los sistemas de exploración individuales 20.1, 20.2, 20.3. Cada sistema de exploración 20.1, 20.2, 20.3 determina de manera más ventajosa exactamente un valor secundario de la posición lateral (ξ_X o ξ_Y) y exactamente un valor secundario de la posición vertical (ξ_Z).

15 De acuerdo con la invención, en cada sistema de exploración 20.1, 20.2, 20.3 individual se generan, respectivamente, dos parejas de haces de rayos parciales, que son difractados al menos una vez en la incorporación de medición y luego se llevan en cada caso a interferencia. A continuación se supone que la dirección de medición lateral está paralela a la dirección-X. La simetría de espejo mencionada varias veces más adelante se refiere entonces al plano-YZ. Evidentemente, las explicaciones siguientes se pueden transferir de manera similar también a otra dirección de medición lateral (por ejemplo Y).

A través de las dos parejas de haces de rayos parciales de interferencia resultan dos grupos de señales, de manera que cada grupo está constituido de manera conocida por varias señales desfasadas entre sí.

20 La trayectoria de los rayos de los dos haces de rayos parciales de interferencia de la primer apareja se selecciona de acuerdo con la invención no en simetría de espejo. De ello resulta, en general, un vector de sensibilidad \vec{a}_1 , que no está ya paralelo a la dirección-X y, por lo tanto, a la superficie de la incorporación de medición, sin que está en el plano-XZ en un ángulo α definido con respecto a la superficie de la incorporación de medición. La trayectoria de los rayos de la segunda pareja de haces de rayos parciales de interferencia se selecciona ahora en simetría de espejo con respecto a la trayectoria de los rayos de la primera pareja. El vector de sensibilidad \vec{a}_2 de la segunda pareja

30 está entonces de manera correspondiente en simetría de espejo con respecto a \vec{a}_1 . A partir de los dos grupos de señales desfasadas se pueden determinar de manera conocida los valores de posición ξ_1, ξ_2 , que se designan aquí como valores primarios de la posición. Se pueden describir en primer orden a través de las siguiente ecuaciones:

$$\xi_1 = \vec{a}_1 \cdot \Delta\vec{x}_M$$

$$\xi_2 = \vec{a}_2 \cdot \Delta\vec{x}_M$$

35 A través de adición y sustracción resultan a partir de ello valores secundarios de la posición ξ_{XS} y ξ_{ZS} , a los que se pueden asociar vectores de sensibilidad $\vec{a}_{XS}, \vec{a}_{ZS}$ correspondientes según las ecuaciones siguientes:

$$\xi_{XS} = \frac{1}{2}(\xi_1 - \xi_2) = \frac{1}{2}(\vec{a}_1 - \vec{a}_2) \cdot \Delta\vec{x}_M = \vec{a}_{XS} \cdot \Delta\vec{x}_M$$

$$\xi_{ZS} = \frac{1}{2}(\xi_1 + \xi_2) = \frac{1}{2}(\vec{a}_1 + \vec{a}_2) \cdot \Delta\vec{x}_M = \vec{a}_{ZS} \cdot \Delta\vec{x}_M$$

40 En virtud de la simetría de espejo, el vector de sensibilidad \vec{a}_{XS} se encuentra siempre paralelo a la superficie de la incorporación de medida y a lo lado de la primera dirección de medición X. En cambio, el vector de sensibilidad \vec{a}_{ZS} está siempre perpendicularmente a la superficie de la incorporación de medición y, por lo tanto, paralelo a la dirección-Z. El sistema de exploración 20.1, 20.2, 20.3 individual suministra, por lo tanto, un valor de posición lateral y un valor de posición vertical.

Un análisis más exacto con inclusión de basculamientos de la incorporación de medida muestra que las posiciones-XY (laterales) de los puntos de medición efectivos para los dos valores de posición secundarios son idénticos. La disposición en simetría de espejo de acuerdo con la invención asegura, por lo tanto, que ambos valores ξ_{XS} , ξ_{ZS} sean medidos en un punto-XY central común. En este caso, la posición-X está, naturalmente, sobre el plano de simetría (plano-YZ) de la instalación de medición de la posición. Un punto de medición común facilita la calibración de las instalaciones medición de la posición durante la puesta en funcionamiento, puesto que se reduce el número de los parámetros libres (como las posiciones de los puntos de medición de todas las exploraciones).

Se ha revelado que es interesante también la dependencia de las longitudes de onda de una instalación de medición de la posición interferencial basada en rejilla. De este modo se suman o bien se restan a través de la formación de la

diferencia $\xi_{XS} = \frac{1}{2}(\xi_1 - \xi_2)$ para la formación del valor de la posición secundaria lateral las posiciones de las fases de los cuatro haces de rayos parciales implicados. Respectivamente, dos haces de rayos parciales tienen en este caso una trayectoria de los rayos en simetría de espejo, es decir, que sus longitudes de ondas ópticas son idénticas. En una consideración más exacta, estas posiciones de las fases de los haces de rayos parciales en simetría de espejo se restan, respectivamente, entre sí, de manera que se anulan en cada caso los desplazamientos de fases en virtud de las longitudes de ondas ópticas. Solamente permanecen los desplazamientos de fases en virtud de la difracción de la rejilla. La diferencia de fases resultante corresponde, por lo tanto, a la diferencia de fases en una instalación de medición de la posición interferencia, basada en la rejilla, convencional. Esto significa que el valor de la posición lateral ξ_{XS} no depende igualmente tampoco de la longitud de onda. La diferencia reside en que en una instalación de medición de la posición basada en rejilla convencional, los dos haces de rayos parciales de interferencia están en simetría de espejo y sus desplazamientos de fases se restan directamente unos de los otros a través de la formación de la interferencia, mientras que en la presente invención no interfieren haces de rayos parciales en simetría de espejo y solamente a través del cálculo de dos valores primarios de la posición se llevan a diferencia los desplazamientos de fases de haces de rayos parciales en simetría de espejo.

La independencia de las longitudes de onda del valor de posición lateral ξ_{XS} es una ventaja decisiva de la presente invención. Puesto que los requerimientos de exactitud planteados a los valores de la posición lateral ξ_{XS} son, en general, un factor de 10 más altos que en los valores de la posición vertical ξ_{ZS} , la estabilidad de la longitud de onda de la fuente de luz debe orientarse sólo a los requerimientos más reducidos de los valores de medición verticales. Una consideración más exacta de la dependencia de las longitudes de onda de los valores de la posición vertical ξ_{ZS} muestra que son comparables con la de un interferómetro habitual para la determinación de la posición a lo largo del eje-Z. Aquí hay que tener en cuenta que la vía de medición en dirección-Z, en general, típicamente con 1 mm es mucho menor que el recorrido de medición a detectar en dirección lateral (> 400 mm). Es especialmente ventajoso que las longitudes de ondas ópticas de los dos haces de rayos parciales de interferencia se compensen en el estado nominal Z_0 (ver más abajo). Solamente en el caso de distancias discrepantes $Z = Z_0 + \Delta Z$ aparecen entonces dependencias de las longitudes de ondas de los valores de posición, que permanecen comparativamente reducidos.

También los errores de interpolación que resultan, dado el caso, se pueden compensar fácilmente en el marco de la presente invención. De esta manera, un movimiento puramente lateral de la incorporación de medición 10 a lo largo de la dirección-X sin un movimiento en dirección-Z conduce a un desplazamiento de las fases de ambos valores primarios de la posición ξ_1 y ξ_2 . Dentro de vías de medición cortar se pueden registrar, por lo tanto, periodos completos de los errores de las señales y/o de los errores de interpolación, lo que es una condición previa para un análisis estable de los errores. El análisis y corrección o bien la compensación de los valores primarios de la posición se realiza por medio de procedimientos adaptables conocidos. Después de la corrección y el cálculo de los dos valores primarios de la posición con respecto a los valores secundarios de la posición, estos últimos están de la misma manera sin errores de interpolación. Lo especial en este caso es que los errores locales de interpolación (en dirección-X) en virtud de los vectores de sensibilidad inclinados \vec{a}_1 , \vec{a}_2 se pueden compensar también cuando no existe ningún movimiento en dirección-Z. De manera más ventajosa, se alinean las direcciones laterales de medición (X, Y) de los sistemas de exploración 20.1, 20.2, 20.3 en ángulo con respecto a las direcciones principales del movimiento de la máquina respectiva, en la que se emplea la instalación de medición de la posición de acuerdo con la invención y en la que se requiere plena exactitud. Se pueden disponer, por ejemplo, diagonalmente ($Rx = 45^\circ$).

Las disposiciones de difracción importantes para la generación de señales de la incorporación de medición son iguales en virtud de la simetría de espejo para ambos grupos de señales. De manera más ventajosa se utilizan solamente los +1 y -1 órdenes de difracción. Los coeficientes de difracción de estos órdenes de difracción se pueden maximizar fácilmente de manera conocida a través de la selección adecuada de la estructura de difracción. Una optimización simultánea para otros sensores con principios de exploración, dado el caso, diferentes y/o con otra dependencia de las longitudes de ondas de suprime de esta manera. Tales medidas serían tal vez necesarias si se emplease, como ya se ha descrito al principio, una incorporación de la medida de rejilla cruzada en conexión con un sensor de distancia basado en interferómetro. De esta manera, en este caso la exploración de la rejilla cruzada requerirían altos coeficientes de difracción en los +a y -1 órdenes de difracción, mientras que para la medición de la distancia interferométrica sería necesario un orden de difracción 0 optimizado. Puesto que en este caso, además, la

incorporación de medición de rejilla cruzada sirve como reflector para el interferómetro de la distancia, sería necesario, además, un diseño adecuado - costoso- del mismo con respecto a las diferentes longitudes de ondas empleadas en la exploración de la rejilla cruzada y de la determinación de la distancia interferométrica.

5 A continuación se explica un primer ejemplo de realización de una instalación de medición de la posición de acuerdo con la invención con la ayuda de las figuras 3 y 4. La figura 3 muestra en este caso la trayectoria de los rayos de exploración de este ejemplo de realización en diferentes vistas espaciales.

10 Un haz de rayos 1 polarizado linealmente, incidente, que procede de una fuente de luz no representada, de un rayo láser colimado se desdobra a través de una rejilla de disociación 2 sobre el lado inferior de una placa de exploración 7 en un +1 y -1 orden de difracción 4, 4'. La constante de la rejilla de disociación 2 es idéntica de la de la incorporación de medición 3. La haz de rayos del +1 orden de difracción 4 de la rejilla de disociación 2 llega sobre la incorporación de medición de reflexión 3 y se disocia allí a través de difracción en un +1 y -1 orden de difracción en dos haces de rayos parciales 5, 6. El haz de rayos parciales 5 en el -1 orden de difracción llega paralelamente al eje óptico Z (es decir, en 0 orden de difracción resultante) de retorno en la dirección de la placa de exploración 7. El haz de rayos parciales 6 desviado en el +1 orden de difracción se propaga en la dirección de un 2º orden de difracción resultante. Ambos haces de rayos parciales 5, 6 llegan sobre estructuras de desviación difractivas 8, 9 sobre el lado inferior de la placa de exploración 7. Estas estructuras de desviación 8, 9 están dimensionadas de tal forma que dirigen los haces de rayos parciales 10, 11 resultantes en el plano-XZ, respectivamente, paralelos a la dirección-Z y se desvían lateralmente en el plano-YZ y enfocan de acuerdo con una lente cilíndrica.

20 El haz de rayos parciales 5 que aparece en el orden de difracción 0 resultante es reflejado por un espejo 12 sobre el lado superior de la placa de exploración 7 y llega entonces sobre un espejo 13 sobre el lado inferior de la placa de exploración 7. Allí se encuentra entonces el lugar del foco de la estructura de desviación difractiva 8 mencionada o bien de la lente cilíndrica. A continuación se refleja el haz de rayos parciales de nuevo a través del espejo 12 sobre el lado superior de la placa de exploración 7 y llega sobre una segunda estructura de desviación 14 sobre el lado inferior de la placa de exploración 7.

25 El haz de rayos parciales 6 que incide en el +2 orden de difracción resultante sobre la placa de exploración 7 llega sobre el espejo 12 sobre su lado superior, donde se encuentra también el lugar del foco de la rejilla de desviación continua 9. Después de la reflexión, llega directamente sobre una segunda estructura de desviación 15 sobre el lado inferior de la placa de exploración 7.

30 Las segundas estructuras de desviación 14, 15 están, respectivamente, con respecto al plano-XZ en simetría de espejo con las primeras estructuras de desviación 8, 9 y, por lo tanto, desvían los haces de rayos parciales incidentes lateralmente de dirección-Y, pero en sentido opuesto a los haces de rayos parciales 5, 6 que originalmente sobre la placa de exploración 5, 6 de retorno a la incorporación de medición 3. Antes que se sean difractados de nuevo por la incorporación de medición 3, atraviesan las placas $\lambda/4$ 16, 17, que están orientadas diferentes para los dos haces de rayos parciales 18, 19, de manera que resultan haces de rayos parciales polarizados circulares a la izquierda y a la derecha. En la incorporación de medición 3 se difractan, respectivamente, con el mismo orden de difracción que en la primera incidencia, es decir, en el +1 y -1 orden, respectivamente. A través de esta difracción se conducen los dos haces de rayos parciales 18, 19 como haz de rayos 20 paralelamente de retorno a la placa de exploración 7. Allí atraviesan una rejilla de disociación 21, que disocia los haces de rayos parciales unidos en 3 rayos individuales 22a, 22b, 22c; estos tres rayos individuales 22a, 22b, 22c atraviesan polarizadores 23, 23b, 23c orientados de forma diferente antes de que sean detectados por detectores 24a, 24b, 24c y sean convertidos en señales eléctricas SA0°, SA120°, SA240°. Los tres polarizadores 23a, 23b, 23c están en un retículo angular de 60°, de manera que resultan las señales SA0°, SA120°, SA240° con un desplazamiento de fases de 120° entre sí.

45 El haz de rayos parciales 6 que aparece en el 2º orden de difracción resultante sobre la placa de exploración debe atravesar entre la placa de exploración 7 y la incorporación de medición 3 trayectos ópticos más largos que el haz de rayos parciales 5 en el orden de difracción 0 resultante. Para compensar estas diferencias de trayectos, están previstos en el plano-YZ diferentes recorridos de los rayos dentro de la placa de exploración 7, a saber, en forma de la reflexión triple descrita anteriormente de uno de los haces de rayos parciales y de la reflexión sencilla del otro haz de rayos parciales. Con un dimensionado adecuado del espesor de las placas de exploración y de las rejillas de desviación 8, 9, 14, 15 se pueden eliminar las diferencias de las longitudes de los recorridos en la distancia nominal Z_0 .

55 El haz de rayos 4' desviado por la primera rejilla de disociación en -1 orden de difracción es disociado con respecto al plano-YZ en simetría de espejo a través de rejillas de desviación 8', 9' dispuestas en simetría de espejo de manera correspondiente sobre la placa de exploración 7 y es reunido de nuevo. A partir de ello resultan las señales SB0°, SB120°, SB240°.

A partir de cada grupo de señales desfasadas SA0°, SA120°, SA240° o bien SB0°, SB120°, SB240° se calcula de manera conocida un valor de posición. A partir de ello resultan los valores de posición primarios ξ_1 y ξ_2 mencionados

anteriormente. El cálculo de los valores de posición ξ_1 y ξ_2 puede incluir al mismo tiempo una compensación correspondiente de errores de interpolación. La determinación del vector de sensibilidad \vec{a}_1 , para el ejemplo explicado se puede deducir a partir de la figura 2. Se bascula, como se requiere, frente a la dirección-X.

5 Con una longitud de onda $\lambda = 0,78 \mu\text{m}$ utilizada y una constante de rejilla de la incorporación de medición $d = 2,048 \mu\text{m}$ resulta para esta forma de realización un periodo de la señal lateral $SP_X = 0,512 \mu\text{m}$ y una periodo de la señal vertical $SP_Y = 1,1 \mu\text{m}$.

Un segundo ejemplo de realización de la instalación de medición de la posición de acuerdo con la invención se explica a continuación con la ayuda de las figuras 5 y 6.

10 En esta variante se modifica de acuerdo con la invención el principio de triple rejilla conocido, por ejemplo, a partir del documento EP 0 163 362 A1, como se deduce esto tal vez a partir de la representación esquemática de la figura 5.

15 Una primera rejilla de disociación 30 sobre el lado inferior de una placa de exploración 70 disocia un haz de luz colimada 10 en un diodo láser - no representado - en tres haces de rayos parciales 31, 32, 32' (0, +1 y -1 orden de difracción). Los haces de rayos parciales 32, 31 en +1 y 0 orden de difracción forman dos primeros haces de rayos parciales para la generación del primer valor primario de la posición. En simetría de espejo con ello, los haces de rayos parciales 31, 32' proporcionan en 0 y -1 orden de difracción los segundos haces de rayos parciales para el segundo valor primario de la posición.

20 Los haces de rayos parciales 32, 31 en +1 y 0 orden de difracción son desviados en la incorporación de medición de la reflexión 30 en -1 o bien +1 orden de difracción, de manera que los haces de rayos parciales 34, 33 que se propagan en estas direcciones espaciales se superponen entonces sobre el lado superior de la placa de exploración 70, que presenta allí una rejilla de mezcla 35 adecuada. Tales rejillas de mezcla 35 se conocen, por ejemplo, a partir del documento EP 0 163 362 A1 y generan tres haces de rayos resultantes 36a, 36b, 36c con un desplazamiento de fases de $\pm 120^\circ$. Estos haces de rayos 36a, 36b, 36c son convertidos a través de fotodetectores 37a, 37b, 37c en señales (de corriente) SA_{240° , SA_{0° , SA_{120° y son evaluados de manera conocida en primeros valores de la posición primaria ξ_1 .

25 Los segundos haces de rayos parciales 31, 32 en simetría de espejo proporcionan de manera similar a ello las señales SB_{0° , SB_{120° , SB_{240° o bien el segundo valor de posición primaria ξ_2 .

30 La constante de rejilla d_{A2} de la segunda rejilla de exploración 35, 35' se selecciona, respectivamente, de acuerdo con la relación siguiente para que en cada caso ambos haces de rayos parciales 33, 34 o bien 33', 34' puedan ser desviados en las mismas direcciones y puedan interferir entre sí:

$$\frac{1}{d_{A2}} = \frac{2}{d_M} - \frac{1}{d_{A1}}$$

con

d_{A1} = constante de rejilla de la primera rejilla de exploración

d_{A2} = constante de rejilla de la segunda rejilla de exploración

35 d_M = constante de rejilla de la incorporación de medición

El vector de sensibilidad del primer valor de la posición primaria ξ_1 se representa para esta forma de realización en la figura 6. El vector de sensibilidad correspondiente del segundo valor de la posición primaria está orientado condicionado por el diseño en simetría de espejo con él.

40 A continuación se enumeran finalmente todavía diversas posibilidades de configuración opcionales en combinación con la presente invención. Las diferentes medidas se pueden aplicar de manera adicional y/o alternativa.

De esta manera se pueden utilizar, por ejemplo, trayectorias de los rayos de exploración asimétricas opcionales, que proporcionan un primer valor de la posición primaria. En este caso, se puede reflejar la trayectoria de los rayos como también se pueden disponer reflejados todos los componentes implicados para la generación del segundo valor de la posición primaria.

45 Es posible una generación de señales desfasadas a través de diversos métodos conocidos. Así, por ejemplo, se pueden emplear diferentes evaluaciones de la polarización, se puede prever una generación de franjas de Vernier con detección de franjas por medio de fotosensores estructurados o, en cambio, se puede realizar una generación directa de las señales desfasadas con rejillas de exploración de acuerdo con el documento EP 163 362 A1

mencionado anteriormente.

5 La compensación mencionada de las longitudes de trayectos ópticos de ambos haces de rayos parciales de interferencia a la distancia nominal se puede realizar de otra manera distinta a la explicada anteriormente. Así, por ejemplo, se puede prever una conducción diferente de los rayos similar al primer ejemplo de realización anterior. Se pueden disponer placas de vidrio de compensación en la trayectoria de los rayos parciales en primer lugar más corta. Además, es posible una compensación de las longitudes de los recorridos de este tipo también a través de componentes ópticos de polarización de espesor correspondiente; por consiguiente, en este caso ésta puede asumir una doble función.

10 Como fuentes de luz se contemplan diferentes variantes de fuentes de luz para la instalación de medición de la posición de acuerdo con la invención, tales como fuentes de luz diferentes como diodos láser de conductores de franjas, fuentes de luz-VCSAL o He-Ne-láser.

Además, es posible prever diferentes estados de colimación de la iluminación, como por ejemplo haces de rayos colimados (de acuerdo con las dos formas de realización explicadas anteriormente) o, en cambio, haces de rayos divergentes o bien convergentes.

15 Además, es posible emplear una única electrónica de evaluación para ambas determinaciones del valor de posición ,m pudiendo realizarse una determinación paralela del valor de posición a través de estructura doble de circuito o, en cambio, una determinación en serie de los valores de posición con registro intermedio de valores de señales, por ejemplo, en miembros de muestra y retención.

20 En el marco de la presente invención existen, por lo tanto, además de los ejemplos explicados anteriormente, una serie de otras posibilidades de realización.

REIVINDICACIONES

- 1.- Instalación de medición de la posición para la detección de la posición de dos objetos móviles relativamente entre sí con
- 5 - una incorporación de medición (10, 3, 30), que comprende una rejilla cruzada bidimensional y que está conectada con uno de los dos objetos así como
- 10 - tres sistemas de exploración (20.1, 20.2, 20.3) que están conectado con el otro de los dos objetos y que están en disposición no colineal entre sí para la exploración de la incorporación de medición (10, 3, 30), en la que los sistemas de exploración (20.1, 20.2, 20.3) están configurados, respectivamente, de tal forma que es posible, además, una determinación simultánea del valor de la posición a lo largo de al menos una dirección de desplazamiento lateral (X, Y) así como también a lo largo de una dirección de desplazamiento vertical (Z) de los objetos, en la que la al menos una dirección de desplazamiento lateral (X, Y) está orientada paralela y la dirección de desplazamiento vertical (Z) está orientada perpendicularmente al plano con la incorporación de medición (10, 3, 30) y en la que sobre lados de los sistemas de exploración (10, 3, 30) para la determinación de la posición en dirección de desplazamiento lateral (X, Y) y en la dirección de desplazamiento vertical (Z) están previstas, respectivamente, una primera y una segunda trayectorias de los rayos de exploración, en las que se puede generar, respectivamente, a partir de los haces de rayos parciales de interferencia en el lado de salida un grupo de señales desfasadas (SA_0° , SA_{120° , SA_{240° , SB_0° , SB_{120° , S_{8240°).
- 2.-Instalación de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 1, en la que a partir de los grupos de señales desfasadas (SA_0° , SA_{120° , SA_{240° , SB_0° , SB_{120° , S_{8240°) se pueden determinar valores primarios de la posición.
- 20 3.- Instalación de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 2, en la que por medio de adición y sustracción de los valores primarios de la posición se pueden generar valores secundarios de la posición.
- 4.- Instalación de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 2, en la que están, previstos, además, medios de compensación, para compensar eventuales errores de interpolación de los valores primarios de la posición.
- 25 5.- Instalación de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 1, en la que en las trayectorias respectivas de los rayos de exploración están dispuestos medios ópticos para garantizar, respectivamente, las mismas longitudes de trayectorias ópticas para los haces de rayos parciales de interferencia.
- 30 6.- Instalación de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 1, en la que sobre cada sistema de exploración (20.1, 20.2, 20.3) se puede generar exactamente un valor de la posición lateral (ξ_x , ξ_y) y exactamente un valor de la posición vertical (ξ_z).
- 35 7.- Instalación de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 1, en la que los dos objetos son componentes de una instalación de fabricación de semiconductores.
- 40 8.- Instalación de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 7, en la que las direcciones de medición lateral de los sistemas de exploración individuales (20.1, 20.2, 20.3) están alineados en ángulo con respecto a los ejes principales del movimiento de la máquina respectiva.
- 9.- Instalación de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el ángulo tiene 45° .
- 45

FIG. 1

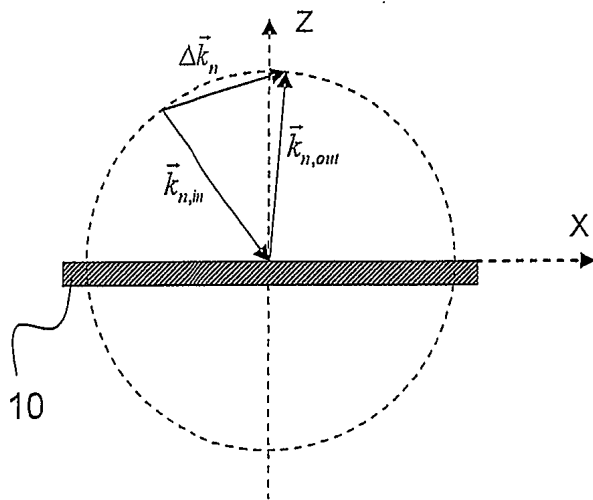


FIG. 2

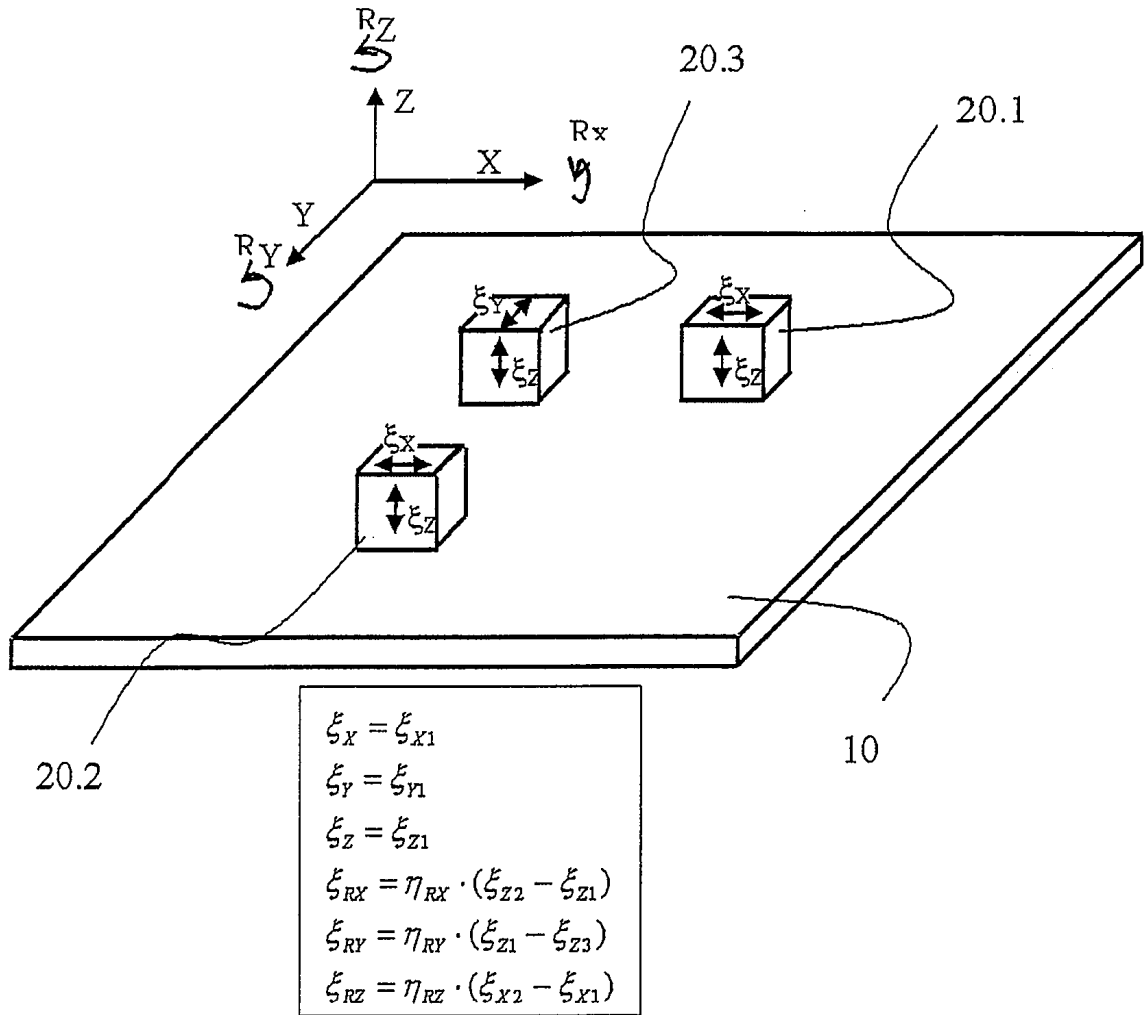


FIG. 3

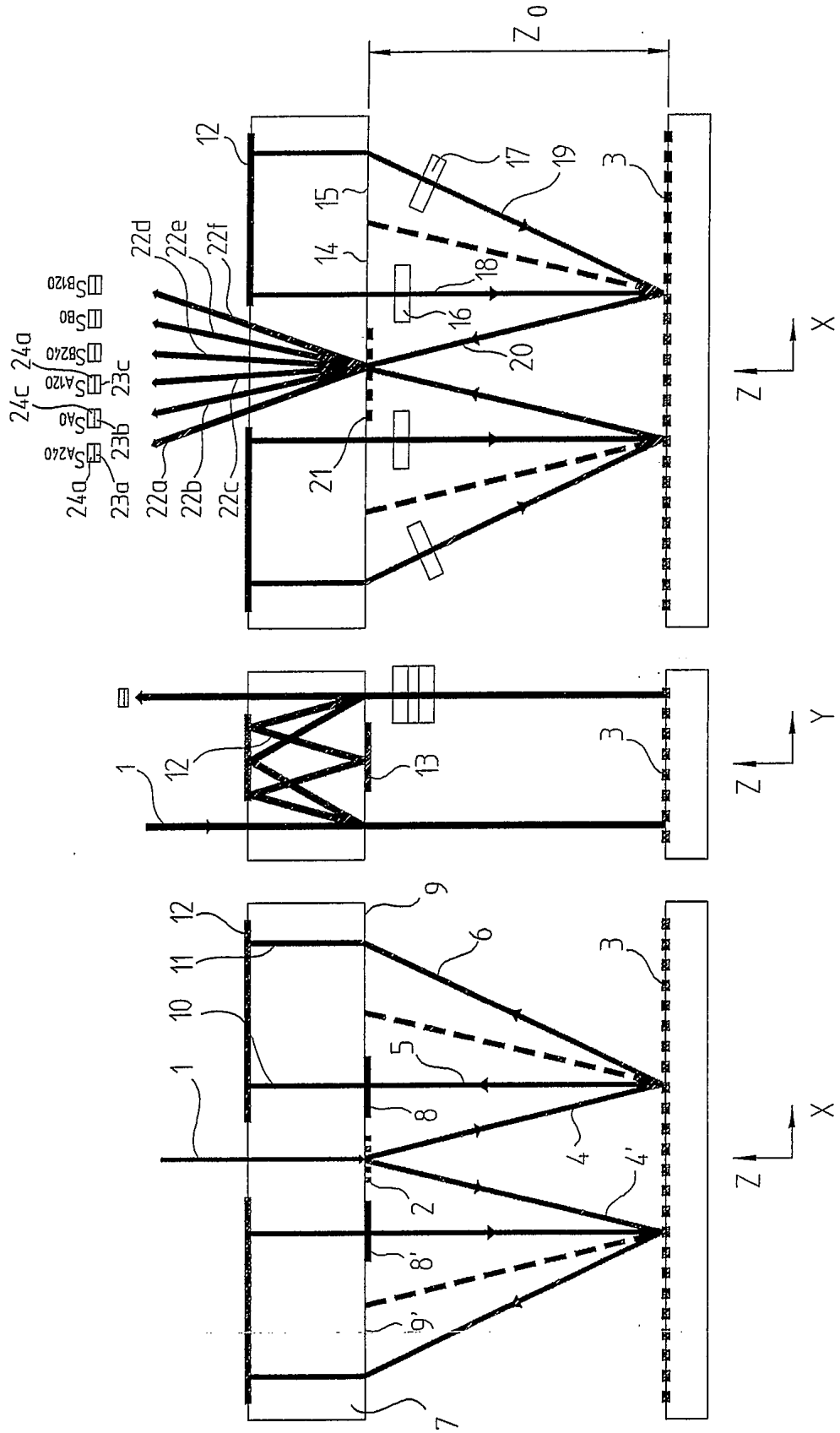
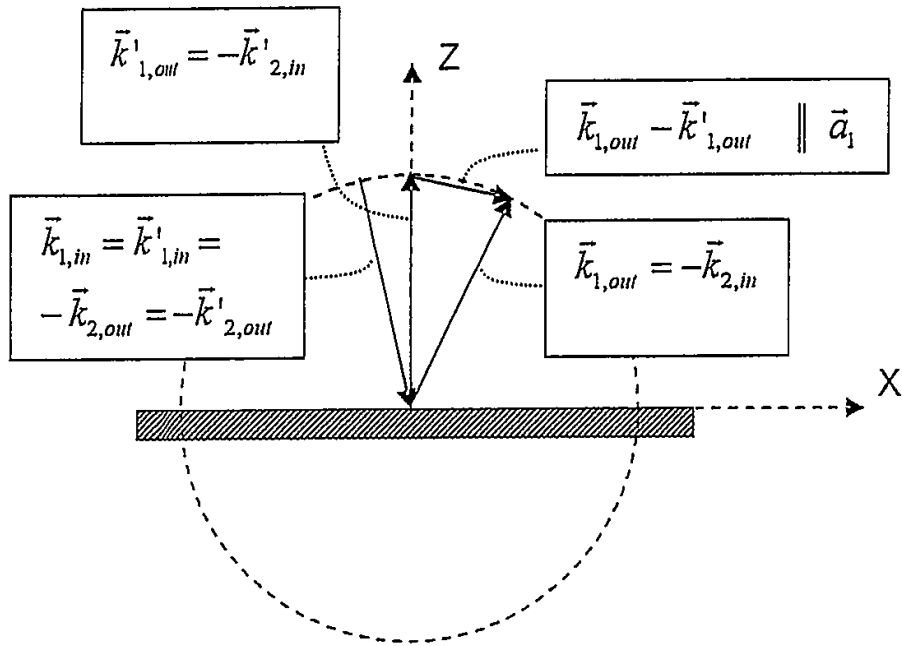


FIG. 4



$$\begin{aligned} \xi_1 &= -\frac{SP}{2\pi} \cdot [(\vec{k}_{1,out} - \vec{k}_{1,in} + \vec{k}_{2,out} - \vec{k}_{2,in}) - (\vec{k}'_{1,out} - \vec{k}'_{1,in} + \vec{k}'_{2,out} - \vec{k}'_{2,in})] \cdot \Delta \vec{x}_M \\ &= -\frac{SP}{2\pi} \cdot 2 \cdot (\vec{k}_{1,out} - \vec{k}'_{1,out}) \cdot \Delta \vec{x}_M \end{aligned}$$

FIG. 5

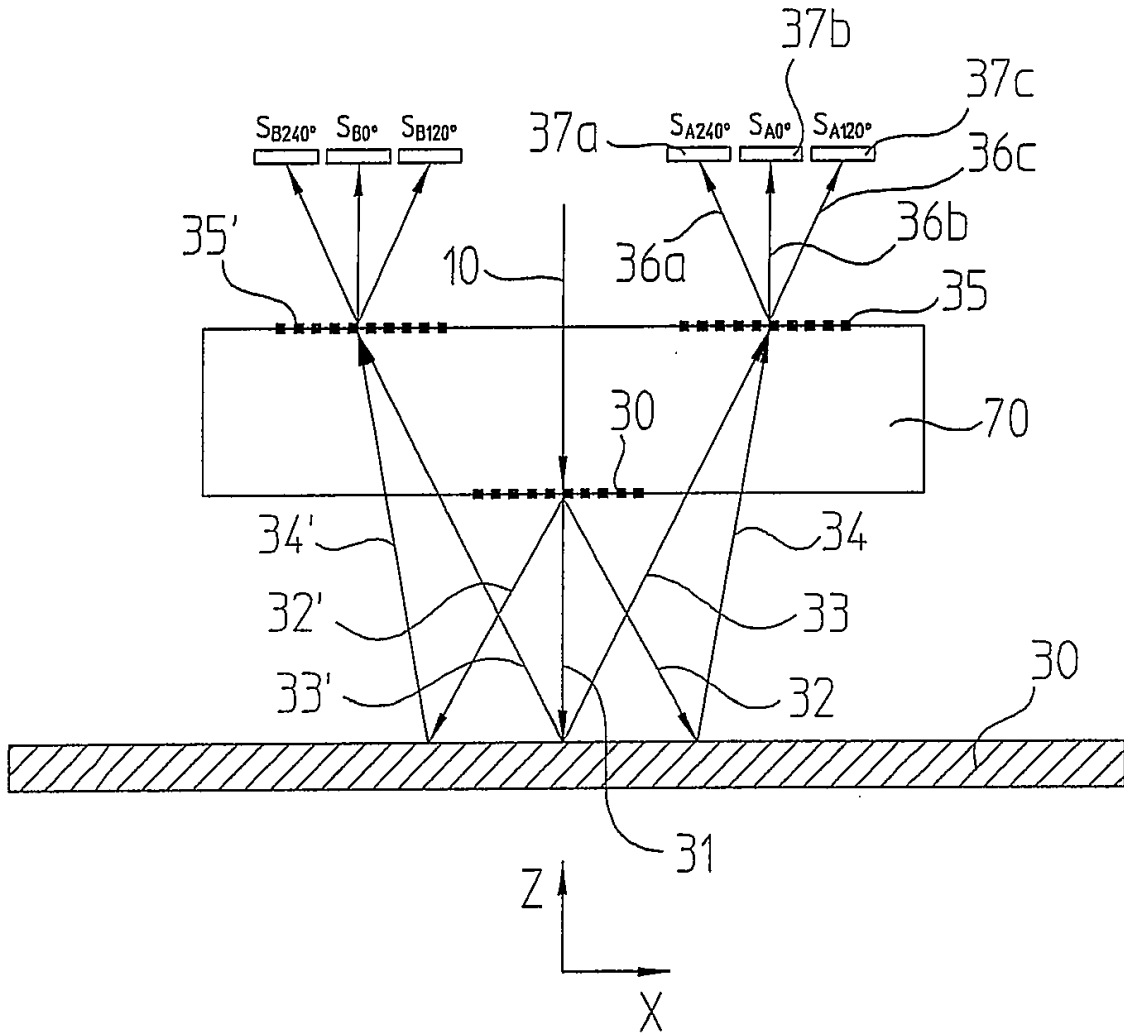
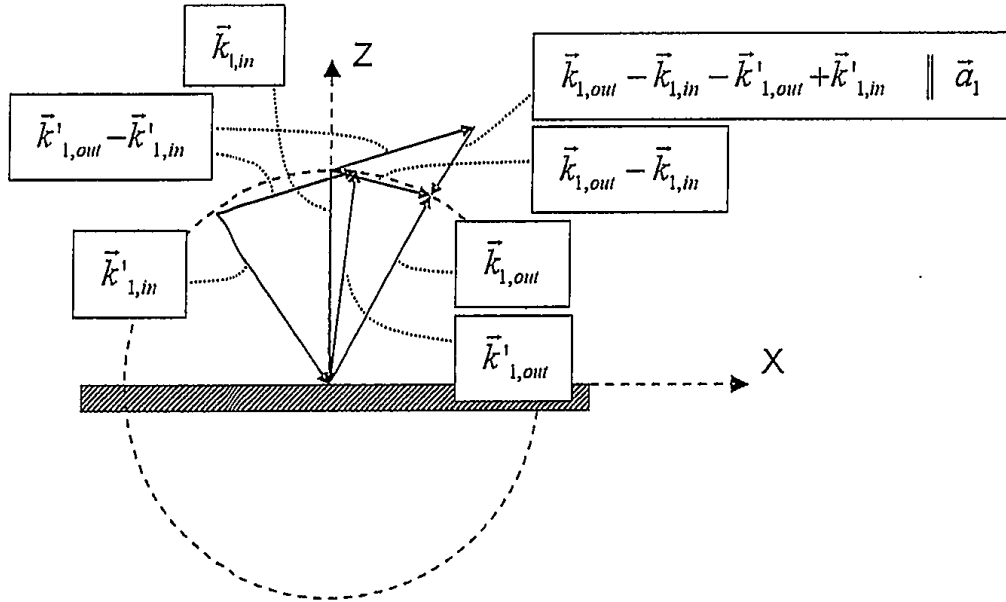


FIG. 6



$$\xi_1 = -\frac{SP}{2\pi} \cdot [(\vec{k}_{1,out} - \vec{k}_{1,in}) - (\vec{k}'_{1,out} - \vec{k}'_{1,in})] \cdot \Delta \vec{x}_M$$