

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 604 157**

51 Int. Cl.:

G01D 5/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2014 E 14185047 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2857802**

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

30 Prioridad:

07.10.2013 DE 102013220184

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

03.03.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HOLZAPFEL, WOLFGANG;
DRESCHER, JÖRG;
KELLNER, ROBERT y
MEISSNER, MARKUS**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 604 157 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

Campo de la técnica

5 La presente invención se refiere a un dispositivo óptico de medición de posición según el preámbulo de la reivindicación 1, que es apropiado para la determinación muy exacta de la posición relativa de dos objetos móviles uno respecto a otro.

Estado de la técnica

10 Un dispositivo óptico de medición de posición genérico se conoce por el documento EP 1 762 828 A2 de la solicitante. Éste comprende una medida materializada, que está conectada con uno de los dos objetos, así como al menos un sistema de exploración para la exploración de la medida materializada, que está conectado con el otro de los dos objetos. El sistema de exploración está configurado en este caso de manera que por ello es posible una determinación simultánea de la posición a lo largo de una primera dirección de desplazamiento lateral, como también a lo largo de una dirección de desplazamiento vertical de los objetos. En los lados del sistema de exploración, para la determinación de posición en la primera dirección de desplazamiento lateral y en la vertical está configurado un primer y un segundo trayecto de rayo de exploración, en los que un grupo de señales desfasadas se puede generar respectivamente en el lado de salida a partir de dos haces de rayos parciales interferentes, sin simetría especular.

15 En la práctica a la radiación de la fuente de luz se le suministra al sistema de exploración a través de un primer conductor de luz. De este modo es posible disponer la fuente de luz de forma alejada del lugar de medición. Además, está previsto suministrar los haces de rayos parciales interferentes proporcionados por el sistema de exploración a la disposición detectora a través de un segundo conductor de luz, a fin de minimizar de este modo y manera las perturbaciones de la disposición detectora.

20 El documento US 2012/0032067 A1 da a conocer un dispositivo óptico de medición de posición 2D, basado en un principio de exploración interferencial. En este caso en el lado de exploración está previsto un elemento óptico, en el que están configurados integrados retrorreflectores, de modo que resulta un cabezal de exploración especialmente compacto y estable.

25 Por el documento EP 1 533 594 A1 se conoce un dispositivo óptico de medición de posición interferencial, que comprende junto a una fuente de luz, una unidad detectora, varias rejillas así como una zona de multiplexión en el cabezal de exploración, a través del cual se realiza una reflexión de retorno de haces de rayos parciales hacia la medida materializada. No está prevista una detección de posición a lo largo de varias direcciones de medición.

Sumario de la invención

30 La presente invención tiene el objetivo de perfeccionar el dispositivo óptico de medición de posición genérico conocido, de manera que por ello también sea posible una determinación de posición a lo largo de una segunda dirección de desplazamiento lateral de los objetos.

35 Este objetivo se resuelve según la invención mediante un dispositivo óptico de medición de posición con las características de la reivindicación 1. Realizaciones ventajosas del dispositivo óptico de medición de posición según la invención se deducen de las medidas que están recogidas en las reivindicaciones dependientes.

40 El dispositivo óptico de medición de posición según la invención para la detección de la posición de dos objetos móviles uno con respecto a otro comprende una medida materializada, que está conectada con uno de los dos objetos, así como un sistema de exploración para la exploración de la medida materializada, que está conectado con el otro de los dos objetos, siendo posible a través del sistema de exploración una determinación de posición simultánea a lo largo de una primera dirección de desplazamiento lateral, como también a lo largo de una dirección de desplazamiento vertical de los objetos y estando configurados para ello en los lados del sistema de exploración dos trayectos de rayo de exploración, en los que un grupo de señales desfasadas se pueden generar respectivamente en el lado de salida a partir de haces de rayos parciales interferentes. Además, a través del sistema de exploración está configurado al menos un tercer trayecto de rayo de exploración a través del cual es posible una determinación de posición a lo largo de una segunda dirección de desplazamiento lateral de los objetos. La radiación de una fuente de luz se puede suministrar al sistema de exploración a través de un primer conductor de luz una óptica de acoplamiento común para todos los tres trayectos de rayo de exploración. Los haces de rayos parciales interferentes generados en los tres trayectos de rayo de exploración se pueden acoplar a través de una óptica de desacoplamiento común en un segundo conductor de luz, que suministra estos haces de rayos a una disposición detectora.

45 Ventajosamente el sistema de exploración comprende en el lado de entrada una rejilla de disociación, que disocia el haz de rayos que incide desde la óptica de acoplamiento en los tres trayectos de rayo de exploración, estando asociados los +/- 1^{os} órdenes de difracción de la rejilla de disociación al primer y segundo trayecto de rayo de exploración y estando

asociado el 0^{ésimo} orden de difracción al tercer trayecto de rayo de exploración.

5 Puede estar previsto que en el tercer trayecto de exploración se propague un haz de rayos parciales en la dirección de la medida materializada, allí experimente una disociación en otros dos haces de rayos parciales que se reflejan de vuelta en la dirección del sistema de exploración, en donde experimentan respectivamente una retroreflexión y se propagan de nuevo en la dirección de la medida materializada de forma decalada a lo largo de la segunda dirección de desplazamiento lateral (X), en donde se superponen de forma interferente y se propagan de vuelta en la dirección del sistema de exploración, donde, a partir de ellos, se pueden detectar varias señales desfasadas respecto a un movimiento relativo a lo largo de la segunda dirección de desplazamiento lateral (X).

10 En una forma de realización posible, el sistema de exploración comprende un elemento óptico, en cuyo lado dirigido a la medida materializada están dispuestos varios campos de rejilla de disociación asociados de forma definida a los distintos trayectos de rayo de exploración con rejillas de transmisión, así como una rejilla de disociación en el lado de acoplamiento y una rejilla de disociación en el lado de desacoplamiento.

En este caso puede estar previsto que las distancias de decalado entre los campos de rejilla y las rejillas de desacoplamiento estén seleccionadas idénticas a lo largo de la segunda dirección de desplazamiento lateral.

15 Además, es posible que entre el elemento óptico y la medida materializada esté dispuesto un vidrio cobertor que se extiende, respecto a su extensión lateral, sobre todos los trayectos de rayo de exploración.

Alternativamente, también puede estar previsto que entre el elemento óptico y la medida materializada esté dispuesto un cuerpo de vidrio compensado térmicamente, de modo que las modificaciones de temperatura no modifiquen las longitudes de recorrido ópticas de los haces de rayos parciales circulantes en el vidrio.

20 Además, es posible que el segundo conductor de luz por trayecto de rayo de exploración comprenda respectivamente tres fibras multimodo, que están dispuestas en el extremo en el lado de acoplamiento en una férula común.

En una forma de realización ventajosa, la primera y segunda dirección de desplazamiento lateral están orientadas perpendicularmente una respecto a otra y la medida materializada está configurada como rejilla de cruz.

25 Ventajosamente los trayectos de rayo de exploración de todas las tres direcciones de desplazamiento presentan un centro de exploración común.

Además, puede estar previsto que al menos un haz de rayos parciales en los trayectos de rayo de exploración experimente un decalado a lo largo de la dirección de desplazamiento correspondiente entre la primera y la segunda incidencia sobre la medida materializada.

30 En otra forma de realización es posible que para la reflexión de vuelta de los haces de rayos parciales, el elemento óptico comprenda componentes difractivos que reúnen en ellos varias funciones ópticas.

35 Con la ayuda del dispositivo óptico de medición según la invención es posible determinar muy exactamente la posición relativa de dos objetos móviles a lo largo de al menos otra dirección de desplazamiento lateral. El sistema de exploración colocado en el lugar de medición se puede configurar en este caso completamente de forma pasiva, es decir, aquí no se produce aporte de calor alguno a través de la fuente de luz, que en aplicaciones de alta precisión podría menoscabar eventualmente la exactitud de la medición durante la determinación de la posición. Esto se garantiza esencialmente mediante la unión de la fuente de luz, como también de la disposición detectora con el sistema de exploración mediante fibras ópticas. En este caso resulta de forma especialmente ventajosa que para todas las direcciones de desplazamiento y respectivamente de medición del dispositivo óptico de medición de posición según la invención se puede usar una óptica de acoplamiento y desacoplamiento entre el sistema de exploración y las fibras ópticas.

40 Otros detalles y ventajas de la presente invención se explican mediante la descripción siguiente de ejemplos de realización del dispositivo según la invención en unión con las figuras.

Breve descripción de los dibujos

Muestra

45 Figura 1a, una primera vista esquematizada de los trayectos de rayo de exploración en un ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de posición según la invención;

Figura 1b, una segunda vista esquematizada de los trayectos de rayo de exploración en un ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de posición según la invención;

Figura 1c, una vista en planta de la placa de exploración del sistema de exploración del ejemplo de realización de las figuras 1a, 1b con los componentes ópticos dispuestos en ella;

- Figura 2a, vistas esquematizadas de los trayectos de rayo de exploración de otro ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de posición según la invención;
- Figura 2b, una vista en planta de la placa de exploración del sistema de exploración del dispositivo óptico de medición de posición de las figuras 2a, 2b;
- 5 Figura 3, una vista en planta de otra forma de realización alternativa de la placa de exploración de un sistema de exploración de un dispositivo óptico de medición de posición según la invención;
- Figura 4, distintas vistas esquematizadas de los trayectos de rayo de exploración en otro ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de posición según la invención;
- Figura 5, distintas vistas esquematizadas de los trayectos de rayo de exploración en otro ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de posición según la invención;
- 10 Figura 6, una representación esquematizada de los trayectos de rayo de exploración así como de la óptica de desacoplamiento de un ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de posición según la invención;
- Figura 7, una vista en planta de la férula de la óptica de desacoplamiento del ejemplo de realización de la figura 6;
- 15 Figura 8, una vista en planta de la férula de una forma de realización alternativa del dispositivo óptico de medición de posición según la invención.

Descripción de las formas de realización

20 Antes de que a continuación se expliquen ejemplos de realización concretos del dispositivo óptico de medición de posición según la invención mediante las figuras, previamente se explica brevemente el concepto del dispositivo de medición de posición que se conoce por el documento EP 1 762 828 A2. Éste es apropiado, según se ha mencionado al inicio, para la detección de cambios de posición a lo largo de dos direcciones de desplazamiento, respectivamente ejes de medición. En el sistema de exploración correspondiente están configurados dos trayectos de rayo de exploración ladeados o asimétricos uno respecto a otro. En este caso el haz de rayos aportado por una fuente de luz se le proporciona al sistema de exploración a través de un primer conductor de luz, configurado como fibra mono-modo, y tras el desacoplamiento del conductor de luz se colima a través de una óptica de colimación. Luego, el haz de rayos colimado llega a una rejilla de disociación, en la que se disocia en dos trayectos de rayo de exploración para dos ejes. Los dos ejes están designados a continuación también como eje A y eje B del dispositivo de medición de posición. Las informaciones de posición realmente interesantes a lo largo de la dirección de desplazamiento lateral Y y la dirección de desplazamiento vertical Z se deducen de la suma y la formación de diferencia de las señales de posición A, B según las siguientes ecuaciones 1a y 1b:

30
$$Y = (A+B)/2 \quad (\text{Ec. 1a})$$

$$Z = (A-B)/2 * SPz/SPy \quad (\text{Ec. 1b})$$

En este caso SPz designa el periodo de señal en la dirección Z y SPy el periodo de señal en la dirección Y.

35 Los haces de rayos llegan a los trayectos de rayo de exploración correspondientes en primer lugar a la medida materializada, que está configurada como rejilla de reflexión, por ello se disocian en haces de rayos parciales de +/- 1^{er} orden de difracción y se difractan de vuelta al sistema de exploración. Allí cada uno de los haces de rayos parciales se conduce a través de un prisma de borde de tejado difractivo de vuelta en la dirección de la medida materializada. En la medida materializada interfieren los dos haces de rayos parciales respectivamente, los haces de rayos superpuestos se transmiten a continuación a una óptica de desacoplamiento, que se compone de una lente de focalización y una de campo y a continuación se desacopla en un segundo conductor de luz que comprende seis fibras guiaondas multimodo.

40 Partiendo del principio explicado por el documento EP 1 762 828 A2, en el dispositivo óptico de medición de posición según la invención se prevé ahora otro eje, respectivamente otro trayecto de rayo de exploración, que sirve para la detección de posición a lo largo de una segunda dirección de desplazamiento lateral que está orientada perpendicularmente a la primera dirección de desplazamiento lateral Y; la segunda dirección de desplazamiento lateral se designa a continuación como dirección de desplazamiento X. Por parte de la medida materializada se prevé en este caso una medida materializada bidimensional en forma de una así denominada rejilla de cruz.

45 Los trayectos de rayo de exploración de un ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de posición según la invención se muestran en las figuras 1a y 1b en distintas vistas en sección y se explican a continuación. En estas representaciones están representados por puntos o dibujados de forma continua la medida materializada 10 y el sistema de exploración 20 con los trayectos de rayo de exploración para la detección de los cambios de posición a lo largo de la primera dirección de desplazamiento lateral Y y la dirección de desplazamiento vertical Z; éstos se corresponden con los

trayectos de rayo de exploración conocidos a partir del documento EP 1 762 828 A2 discutido arriba. En las figuras 1a, 1b está representado a puntos y trazos, por el contrario, el otro trayecto de rayo de exploración añadido ahora según la invención para la detección de posición a lo largo de la segunda dirección de desplazamiento lateral X.

5 El haz de rayos que incide desde la fuente de luz no mostrada en las figuras llega análogamente al documento EP 1 762 828 A2 en el sistema de exploración 20 en primer lugar a una rejilla de disociación 21 en el lado de acoplamiento, en donde se realiza una disociación en los ahora en conjunto tres trayectos de rayo de exploración. Junto a los haces de rayos parciales resultantes de +/- 1^{er} orden para el eje A y el eje B, es decir, para el primer y segundo trayecto de rayo de exploración, según la presente invención todavía se usa el haz de rayos parciales resultante en 0^{ésimo} orden de difracción para el tercer trayecto de rayo de exploración, a fin de posibilitar una detección de posición a lo largo de la segunda dirección de desplazamiento lateral X.

10 El haz de rayos parciales, que llega de la rejilla de disociación 21 en el lado de acoplamiento, de 0^{ésimo} orden de difracción se disocia en la dirección x en la masa materializada 10 en dos haces de rayos parciales de +/- 1^{er} orden y éstos se conducen de vuelta al sistema de exploración 20. En la vista de la figura 1a, el haz de rayos parciales de + 1^{er} orden del tercer trayecto de rayo de exploración se propaga tras la disociación en la medida materializada 10 abajo hacia la izquierda, el haz de rayos parciales de - 1^{er} orden abajo hacia la derecha en la dirección del sistema de exploración 20. Allí inciden en un elemento óptico 22, sólo indicado esquemáticamente, que está configurado como prisma de borde de tejado difractivo. Se compone de una primera rejilla de transmisión, un reflector y una segunda rejilla de transmisión. La primera y segunda rejilla de transmisión están colocadas sobre el lado superior del elemento óptico 22, que está dirigido hacia la medida materializada 10. El reflector se sitúa en el lado inferior del elemento óptico 22. La primera y segunda rejilla de transmisión están configuradas como estructuras difractivas y reúnen varias funciones ópticas. Desvían respectivamente el haz de rayos parciales incidente en la dirección de medición X y lo focalizan en la dirección transversal Y mediante una función de lente cilíndrica en el lado inferior del elemento óptico 22, donde se sitúa el reflector. Después de la reflexión en el reflector incide en la segunda rejilla de transmisión, que colima el haz de rayos parciales de nuevo mediante una función de lente cilíndrica en la dirección Y y se desvía en la dirección de medición X. Así, los dos haces de rayos parciales salen igualmente de forma decalada del elemento óptico 22 respectivamente opuestos respecto a la dirección de incidencia y en la dirección de medición X y se propagan de nuevo de vuelta a la medida materializada 10. Alternativa a la función de lente cilíndrica de la rejilla de transmisión también se puede prever una función de lente esférica, que focaliza o colima de nuevo los haces de rayos parciales respectivamente en las dos direcciones X e Y. Para la superposición de distintas funciones ópticas en las estructuras difractivas se remite en este punto de forma complementaria al documento EP 1 739 395 A2. Los dos haces de rayos parciales inciden luego en la medida materializada 10, en donde se desvían de nuevo en + 1^{er} o - 1^{er} orden de difracción, de modo que se superponen e interfieren. El haz de rayos superpuesto se propaga en paralelo al eje óptico, que se designa aquí como así denominada línea visual, de vuelta al sistema de exploración 20 para desacoplarse luego conjuntamente con los rayos del eje A y B y suministrarse a una disposición detectora no mostrada en las figuras.

35 La figura 1b muestra una vista en sección del ejemplo de realización explicado del dispositivo de medición de posición según la invención en el plano YZ. En esta representación se ve que todos los haces de rayos y de rayos parciales del tercer trayecto de rayo de exploración se propagan para la detección de un desplazamiento X exclusivamente en el plano XZ.

40 Además, en la figura 1b está indicada esquemáticamente un primer conductor de luz 31 para el suministro del haz de rayos de la fuente de luz no mostrada al sistema de exploración 20, así como un segundo conductor de luz 26 para el suministro de los haces de rayos superpuestos del sistema de exploración 20 hacia la disposición detectora no mostrada igualmente.

45 En la figura 1c se muestra de forma muy esquematizada una parte del lado del sistema de exploración 20, es decir, el lado superior del elemento óptico 22, que está dirigido a la medida materializada 10 y en el que están dispuestos varios campos de rejilla con rejillas de transmisión configuradas de forma apropiada y que provocan los desvíos de rayo requeridos en los tres trayectos de rayo de exploración. Los distintos campos de rejilla están designados en esta representación en este caso con las designaciones arriba explicadas para los distintos ejes A, B, X del dispositivo de medición de posición según la invención y así están asociados a los tres trayectos de rayo de exploración diferentes. Además, en la figura 1c está mostrada la rejilla de disociación 21 en el lado de acoplamiento para el haz de rayos que incide desde la fuente de luz, así como la rejilla de disociación 23 en el lado de desacoplamiento, dispuesta de forma adyacente para los haces de rayos superpuestos de nuevo de los tres trayectos de rayo de exploración.

50 Las rejillas de transmisión de los ejes A y B dispuestas en los campos de rejilla A1 – A4 y B1 – B4 actúan en la dirección X como lentes cilíndricas y desvían en la dirección Y mediante una rejilla lineal superpuesta adicional. Las rejillas de transmisión del eje X dispuestas en los campos de rejilla X1 – X4 actúan, según se describe arriba, como lentes cilíndricas en la dirección Y y desvían igualmente en la dirección X mediante una rejilla lineal superpuesta. El plano del foco de las funciones de lente de todas las rejillas de transmisión en los campos de rejilla A1 – A4, B1 – B4 y X1 – X4 se sitúan respectivamente en el lado inferior opuesto del elemento óptico 22.

Las funciones de lente cilíndrica provocan siempre una focalización perpendicularmente a la dirección de medición X o Y correspondiente; por el contrario, las funciones de desvío pueden contener tanto un desvío en como también transversalmente a la dirección de medición. Las funciones de desvío se seleccionan de modo que, por un lado, los haces de rayos parciales vuelven tras atravesar el elemento óptico 22 respectivamente de forma antiparalela a la medida materializada 10 y, por otro lado, presentan una distancia de decalado δx , δy . Según la invención, esta distancia de decalado δx , δy se selecciona igual para los tres trayectos de rayo de exploración de los ejes A, B y X, seleccionándose en el presente ejemplo de realización sólo δx diferente de cero, mientras que es válido $\delta y = 0$. Por consiguiente, los haces de rayos superpuestos inciden en el mismo lugar en un plano XY sobre la rejilla de disociación 23 en el lado de desacoplamiento y allí se disocian en tres haces de rayos superpuestos.

5

10

Según se describe en el documento EP 1 762 828 A2, en el trayecto de rayo de los haces de rayos parciales están incorporados según las figuras 1a y 1b elementos constructivos ópticos de polarización, no representados y que polarizan ortogonalmente entre sí los dos haces de rayos parciales superpuestos respectivamente. Esto también es válido para el eje X adicional.

15

Una ventaja determinante de una configuración de este tipo del tercer trayecto de rayo de exploración para la detección de posición a lo largo de la segunda dirección de desplazamiento X consiste en que coinciden tanto los centros de exploración como también los así denominados centros de rotación neutros de todos los tres ejes A, B y X y forman un centro de exploración común o un centro de rotación neutro común. Esto es una consecuencia de la simetría de los trayectos de rayo de exploración: el trayecto de rayo de exploración de la rejilla de disociación en el lado de acoplamiento hasta la medida materializada y el trayecto de rayo de exploración de la medida materializada de vuelta a la rejilla de disociación en el lado de desacoplamiento se pueden convertir uno en otro mediante una translación en las distancias δx , δy . El centro de rotación neutro común se sitúa por ello sobre un eje a lo largo de la dirección Z, que se sitúa a través del centro entre la rejilla de disociación en el lado de acoplamiento y de desacoplamiento. La posición Z exacta del centro de rotación neutro común a lo largo de este eje se determina mediante la selección especial de las constantes de rejilla de la rejilla de disociación en el lado de acoplamiento y de la medida materializada y aquí no se debe considerar más. El centro de rotación neutro común para todas las tres direcciones de desplazamiento X, Y y Z tienen ventajas especiales: un pequeño ladeo de la medida materializada o de la unidad de exploración en un eje cualquiera mediante este centro de rotación neutro común no desplaza en el acercamiento lineal ninguno de los valores de posición X, Y o Z de este dispositivo de medición de posición. Los valores de medición de este dispositivo de medición de posición se pueden interpretar por ello fácilmente: proporcionan la posición del objeto desplazable en el lugar de este centro de rotación neutro común. Si los trayectos de rayo de exploración individuales de los ejes A, B y X tuviesen distintos centros de rotación neutros, entonces se deberían realizar costosas transformaciones de los valores de posición para poder determinar la ubicación XYZ del objeto móvil en un punto del objeto.

20

25

30

En la figura 2a para otro ejemplo de realización del dispositivo de medición de posición según la invención se muestran los trayectos de rayo de exploración de otro ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de posición según la invención; en este caso en la representación de la izquierda se muestran esquemáticamente los trayectos de rayo de exploración para los ejes A, B, y a la derecha el tercer trayecto de rayo de exploración previsto adicionalmente para el eje X. La figura 2b muestra, análogamente a la figura 1c, la disposición de los distintos campos de rejilla y rejilla de disociación en el lado superior del elemento óptico de esta forma de realización.

35

40

A continuación se explica el tercer trayecto de rayo de exploración de este ejemplo de realización, recorriendo aquí los campos de rejilla y las rejillas de disociación básicamente en el mismo orden que en el ejemplo de realización de las figuras 1a – 1c; no obstante, los efectos ópticos de las rejillas de transmisión individuales y la disposición de los campos de rejilla correspondientes se diferencian del ejemplo de realización arriba mostrado.

45

50

55

El haz de rayos parciales asociado al eje X, que sale en el 0^{ésimo} orden de difracción de la rejilla de disociación 21' en el lado de acoplamiento, incide sobre la medida materializada 10', donde se disocian por difracción en dos haces de rayos parciales de + 1^{er} y - 1^{er} orden de difracción; estos haces de rayos parciales se propagan de vuelta al sistema de exploración. Allí inciden en el elemento óptico 22' sobre los campos de rejilla X1' ó X3'. Las rejillas de transmisión dispuestas en estos campos de rejilla X1'; X3' están configuradas de nuevo de manera que reúnen respectivamente en ellas varias funciones ópticas; así, por ello se desvían los haces de rayos parciales que inciden en ellas en la dirección de medición X (función de una rejilla de desvío) y simultáneamente se focalizan perpendicularmente a ellas en la dirección Y (función de lente cilíndrica). En el presente ejemplo de realización resulta a través de las rejillas de transmisión de los campos de rejilla X1', X3' adicionalmente todavía un desvío en la dirección Y (función de una rejilla de desvío). El foco de los haces de rayos parciales afectados de este modo por las rejillas de transmisión se sitúa de nuevo en el caso de todos los haces de rayos parciales sobre un reflector que está dispuesto en el lado inferior opuesto del elemento óptico 22'. Los haces de rayos parciales se reflejan allí e inciden luego en el elemento óptico 22' sobre los campos de rejilla X2', X4'; las rejillas de transmisión allí dispuestas reúnen igualmente en ellas de nuevo varias funciones ópticas. Así, por ello se coliman de nuevo los haces de rayos parciales análogamente al ejemplo de realización arriba mencionado (función de lente cilíndrica) y se desvían en la dirección de medición X (función de una rejilla de desvío). Además, en el presente ejemplo de realización todavía se produce adicionalmente un desvío en la dirección Y (función de una rejilla de desvío).

Los dos haces de rayos parciales que salen de los campos de rejilla X2', X4' se encuentran finalmente de nuevo en un punto sobre la medida materializada 10', en donde se superponen e interfieren y a continuación se propagan de nuevo de vuelta al sistema de exploración 20', en donde recorren la rejilla de disociación 23' en el lado de desacoplamiento de la óptica de desacoplamiento y luego se propagan en la dirección de la disposición detectora.

5 Según se puede ver en la representación en la figura 2b, en este ejemplo de realización todos los campos de rejilla, que son atravesados por los haces de rayos parciales durante el primer y segundo paso, están dispuestos decalados unos respecto a otros tanto en la dirección de medición del eje correspondiente, como también perpendicularmente a la dirección de medición del eje. Por ello, el desvío Y de las rejillas lineales del campo de rejilla A1' – A4' y B1' – B4' se adaptan de modo que los haces de rayos parciales pueden llegar a través de un reflector sobre el lado posterior del elemento óptico 22' del campo de rejilla A1' al campo de rejilla A3', del campo de rejilla A2' al campo de rejilla A4', del campo de rejilla B1' al campo de rejilla B3' y del campo de rejilla B2' al campo de rejilla B4', a continuación se encuentran de nuevo en la medida materializada 10' e interfieren entre sí correspondientemente respecto al primer ejemplo de realización y pueden llegar de vuelta a la óptica de desacoplamiento.

10 En el presente ejemplo de realización, según la representación en la figura 2b, la distancia de decalado δx , δy del campo de rejilla X1' respecto al campo de rejilla X2' en referencia a la dirección X e Y es idéntica a la distancia de decalado del campo de rejilla X3' respecto al campo de rejilla X4', idéntica a la distancia de decalado del campo de rejilla A1' respecto al campo de rejilla A3', idéntica a la distancia de decalado del campo de rejilla A2' respecto al campo de rejilla A4', idéntica a la distancia de decalado del campo de rejilla B1' respecto al campo de rejilla B3', así como idéntica a la distancia de decalado del campo de rejilla B2' respecto al campo de rejilla B4'.

15 En el ejemplo de realización arriba mencionado de las figuras 1a – 1c, por el contrario, en referencia a todos los tres trayectos de rayo de exploración sólo existió una distancia de decalado δx de los campos de rejilla A1, A2, B1, B2, X1, X3 a lo largo de la dirección X respecto a los campos de rejilla A3, A4, B3, B4, X2, X4, mientras que la distancia de decalado se ha seleccionado $\delta y = 0$. En el presente ejemplo de realización, según la figura 2b en referencia a todos los tres trayectos de rayo de exploración está prevista adicionalmente una distancia de decalado $\delta y \neq 0$ de los campos de rejilla A1', A2', B1', B2', X1', X3' respecto a los campos de rejilla A3', A4', B3', B4', X2', X4' a lo largo de la dirección Y.

20 Una vista en planta del lado superior del elemento óptico de otro ejemplo de realización del dispositivo óptico de medición de posición según la invención se muestra en la figura 3, en representación análoga a las figuras 1c y 2b. El desarrollo del trayecto de rayo de los haces de rayos parciales en los trayectos de rayo de exploración de los ejes A y B a través de los campos de rejilla A1' – A4' y B1' – B4' es idéntico al ejemplo de realización anterior según la figura 2b. La medición de posición a lo largo de la tercera dirección de desplazamiento se ensancha ahora y se realiza análogamente a la medición de posición de las primeras dos direcciones de desplazamiento (eje A' y eje B'). Sus trayectos de rayo de exploración y la configuración de los campos de rejilla A'1" – A'4" y B'1" – B'4" se corresponden con los trayectos de rayo de exploración de los ejes A y B, así como a los campos de rejilla A1" – A4", B1" – B4"; no obstante, la disposición de los campos de rejilla A'1" – A'4" y B'1" – B'4" está prevista de forma girada respecto a los campos de rejilla A1" – A4" y B1" – B4" en 90° respecto a la dirección Z. De este modo, junto a la medición de la dirección de desplazamiento lateral, es posible realizar adicionalmente una medición redundante de la dirección de desplazamiento vertical Z. Mediante la medición redundante de la dirección de desplazamiento vertical Z se pueden reducir influencias de errores mediante promediación y mejorar, por consiguiente, la exactitud del dispositivo de medición de posición.

25 En el dispositivo de medición de posición conocido por el documento EP 1 762 828 A2, los haces de rayos parciales de los dos trayectos de rayo de exploración previstos inciden respectivamente con un decalado en la dirección X, es decir, perpendicularmente a la única dirección de medición lateral de nuevo hacia la medida materializada. Al contrario de ello, en el dispositivo de medición de posición según la invención, según los ejemplos de realización explicados hasta ahora están decalados los dos haces de rayos parciales del tercer trayecto de rayo de exploración previsto, a saber, igualmente en la dirección X, no obstante, esto se corresponde con un decalado a lo largo de la dirección de medición lateral.

30 Debido al tercer trayecto de rayo de exploración previsto adicionalmente para la determinación de posición a lo largo de la segunda dirección de desplazamiento lateral X está establecida la distancia de exploración entre la medida materializada y el sistema de exploración, cuando están establecidas la constante de rejilla de la medida materializada y las distancias de decalado δx o δy entre campos de rejilla adyacentes.

35 Además, en la presente invención es ventajoso seleccionar de forma idéntica las distancias de decalado δx , δy en el ejemplo de realización de la figura 2a entre los campos de rejilla A1' – A4', B1' – B4' que son recorridos respectivamente por el mismo haz de rayos parciales, A1' respecto a A3', A2' respecto a A4', B1' respecto a B3', B2' respecto a B4' y los campos con las rejillas de desacoplamiento 21', 23', por un lado, o entre los campos de rejilla X1', X2' y los campos de rejilla X3', X4'.

40 Si se parte del hecho de que la distancia de decalado δx entre los campos de rejilla A1' – A4' y B1' – B4' se ha seleccionado respectivamente mínima, entonces los campos de rejilla X1' – X4' del tercer trayecto de rayo de exploración no se pueden empaquetar entre sí de forma más densa. La selección de una distancia de decalado δ igual entre los

distintos campos en el elemento óptico del sistema de exploración conduce a un volumen constructivo mínimo del dispositivo de medición de posición según la invención.

Si además se designa la distancia de exploración entre el lado superior del elemento óptico y de la medida materializada como Δ , la constante de rejilla de la medida materializada con d , la longitud de onda de la luz con λ y la distancia de campos adyacentes sobre el elemento óptico con δ , entonces resulta la distancia de exploración Δ según la siguiente ecuación 2:

$$\Delta = \frac{2\delta}{\tan\left(\arcsin\left(\frac{\lambda}{d}\right)\right)} \quad (\text{Ec. 2})$$

La distancia δ entre los campos se deduce de las tolerancias de rotación del sistema de exploración requeridas en la aplicación.

En el caso de la distancia de decalado $\delta = 6$ mm, una longitud de onda $\lambda = 976$ nm y una constante de rejilla $d = 2,048$ μm de la medida materializada resulta por consiguiente una distancia de exploración $\Delta = 22,137$ mm entre el lado de rejilla del elemento óptico y de la medida materializada. Esto representa una distancia de exploración aumentada respecto a la distancia de medición de posición conocida por el documento EP 1 762 828 A2 con los sólo dos trayectos de rayo de exploración. Una distancia de exploración aumentada en el aire de este tipo conduce a una sensibilidad elevada del dispositivo de medición de posición respecto a turbulencias de aire o bien oscilaciones del índice de refracción. No obstante, estas influencias se pueden compensar en el dispositivo de medición de posición según la invención de varias maneras.

Entonces en una primera variante de compensación es posible apantallar los trayectos de rayo de exploración completos lo más herméticamente posible del aire ambiente, en tanto que se dispone un vidrio cobertor 40 sobre los trayectos de rayo de exploración completos. Una variante configurada correspondientemente del dispositivo óptico de medición de posición según la invención se muestra en la figura 4 en dos vistas en sección análogamente a la representación en las figuras 1a y 1b. A excepción del vidrio cobertor 40, esta variante se corresponde con el primer ejemplo de realización ya explicado en detalle arriba. A este respecto, la posición del vidrio cobertor 40 se debería situar lo más cerca posible de la medida materializada 110, a fin de minimizar los recorridos libres en los tres trayectos de rayo de exploración en el aire entre la medida materializada 110 y el sistema de exploración 120.

Una segunda variante de compensación se muestra en la representación análoga en la figura 5. El volumen de aire libre entre el sistema de exploración 220 y la medida materializada 210 se rellena aquí lo más completamente posible con un cuerpo de vidrio 50, que está compensado térmicamente. Esto significa que la dilatación lineal del cuerpo de vidrio 50 compensa el cambio del índice de refracción. Así los cambios del índice de refracción en el aire debidos a modificaciones de presión, temperatura o humedad no pueden influir en la determinación de posición. Igualmente no son posibles intercambios de aire rápidos. El cuerpo de vidrio 50 compensado térmicamente es relevante ante todo para los trayectos de rayo de exploración del eje A y del eje B, dado que aquí los caminos de los haces de rayos parciales en el vidrio son diferentes debido a los ángulos diferentes y, por consiguiente, los recorridos de los haces de rayos parciales en el vidrio son diferentes para los distintos órdenes de difracción. Un cuerpo de vidrio no compensado conduce aquí a la modificación de la posición determinada con la temperatura. Por el contrario, el eje X está construido de forma simétrica. Aquí el cuerpo de cristal 50 no debe estar compensado forzosamente térmicamente, en tanto que se pueda asegurar que entre los vidrios en los dos órdenes de difracción no haya gradientes de temperatura.

Mediante la representación en la figura 6 se explica a continuación el uso previsto, en el lado de salida en el dispositivo de medición de posición según la invención, de una óptica de desacoplamiento común mediante todos los tres trayectos de rayo de exploración, a través de los que los haces de rayos parciales interferentes generados en los tres trayectos de rayo de exploración se acoplan en un segundo conductor de luz, que suministra luego estos haces de rayos a una disposición detectora aguas abajo.

De forma complementaria se debe señalar en este punto de nuevo que en el lado de entrada la radiación de una fuente de luz se le suministra al sistema de exploración a través de un primer conductor de luz y una óptica de acoplamiento común para todos los tres trayectos de rayo de exploración.

En la parte izquierda de la figura 6 se muestran en este caso análogamente a la representación de la figura 1b los tres trayectos de rayo de exploración previstos del primer ejemplo de realización en una vista esquematizada. En la parte derecha de la figura 6 se ilustra la disociación de los haces de rayos parciales interferentes de los tres trayectos de rayo de exploración, así como su desacoplamiento en el segundo conductor de luz de forma muy esquematizada en distintas vistas de sección. En este caso se muestran junto a los tres trayectos de rayo de exploración indicados una lente de focalización 24, una lente de campo 25, la rejilla de disociación 23 en el lado de desacoplamiento, así como el segundo conductor de luz 26 con en total 9 fibras guíaondas multimodo 27. La óptica de desacoplamiento, que según la invención se usa por todos los tres trayectos de rayo de exploración, comprende la lente de focalización 24, la rejilla de disociación

23 en el lado de desacoplamiento, así como la lente de campo 25.

5 Los haces de rayos superpuestos de tres trayectos de rayo de exploración inciden en el plano YZ según se ve desde diferentes direcciones sobre la rejilla de disociación 23 y las dos lentes 24, 25. De este modo, tras el recorrido de las lentes 24, 25 están separados espacialmente en el plano del foco y se pueden acoplar conjuntamente en las fibras guiaondas multimodo 27 de la segunda fibra óptica 26, que se sujetan todos en una férula 28 en disposición definida. La lente de campo 25 sirve en este caso para la orientación en paralelo de los rayos disociados, para que las fibras guiaondas multimodo 27 no se deban introducir con un ángulo en la férula 28. Una vista en planta de la férula 28 con las tres fibras guiaondas multimodo 27 por trayecto de rayo de exploración se muestra en la figura 7. Según se puede ver en las figuras, los tres haces de rayos superpuestos de los ejes A, B y X en la dirección X se disocian respectivamente en tres haces de rayos parciales superpuestos y se acoplan por separado en fibras guiaondas multimodo 27 correspondientes. Por parte de la férula 28 están aplicados polarizadores - sólo mostrados en la figura 7 - en cada una de las fibras guiaondas multimodo 27, que están orientadas respectivamente de modo que se originan señales dependientes de la posición, desfasadas en 120° en forma de una modulación de intensidad. Ventajosamente se pueden usar en lugar de polarizadores individuales también polarizadores difractivos sobre un sustrato de vidrio común, en el que los ejes de polarización se determinan por la orientación de las rejillas.

10 Según la figura 7 en la fila superior e inferior están previstas en este caso las respectivamente tres fibras guiaondas multimodo 27 para las señales de los ejes A y B, de forma centrada por el contrario las tres fibras guiaondas multimodo 27 que pertenecen al tercer trayecto de rayo de exploración.

20 En base a este mismo principio se disocian los haces de rayos en el ejemplo de realización del dispositivo de medición de posición según la invención según la figura 3 mediante la óptica de desacoplamiento en respectivamente tres haces de rayos parciales. No obstante, en este caso se disocian en conjunto cuatro haces de rayos a partir de los cuatro trayectos de rayo de exploración allí previstos en respectivamente tres haces de rayos parciales, a saber el de los ejes A y B, así como el de los ejes A' y B'. Mediante la disposición de la rejilla de disociación bajo 22,5° o del eje Y es posible conducir los haces de rayos parciales en conjunto 12 fibras guiaondas multimodo 27' con una disposición de férula según la figura 8. Las señales correspondientes y desfasadas en 120° de cada uno de los ejes A, B, A', B' están ilustradas en la fig. 8 respectivamente por los rectángulos dibujados. En la figura 8 no están representados los polarizadores que aquí también se pueden aplicar sobre un sustrato de vidrio común aplicados individualmente o realizados de forma difractiva.

25 En el marco de la presente invención, junto a los ejemplos de realización descritos concretamente existen evidentemente todavía otras posibilidades de configuración.

30

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo óptico de medición de posición para la detección de la posición de dos objetos móviles uno con respecto al otro con
- una medida materializada (10; 10'; 110; 210) que está conectada con uno de los dos objetos, así como
- 5 - un sistema de exploración (20; 20'; 120; 220) para la exploración de la medida materializada (10; 10'; 110; 210), que está conectado con el otro de los dos objetos, en el que a través del sistema de exploración (20; 20'; 120; 220) es posible una determinación de posición simultánea a lo largo de una primera dirección de desplazamiento lateral (Y) como también a lo largo de una dirección de desplazamiento vertical (Z) de los objetos y para ello en los lados del sistema de exploración (20; 20'; 120; 220) están configurados dos trayectos de rayo de exploraciónladeados uno respecto a otro, en los que un
- 10 grupo de señales desfasadas se puede generar respectivamente en el lado de salida a partir de haces de rayos parciales interferentes, caracterizado porque
- a través del sistema de exploración (20; 20'; 120; 220) está configurado además al menos un tercer trayecto de rayo de exploración, a través del cual es posible una determinación de posición a lo largo de una segunda dirección de desplazamiento lateral (X) de los objetos, y
- 15 - la radiación de una fuente de luz se le puede suministrar al sistema de exploración (20; 20'; 120; 220) a través de un primer conductor de luz y una óptica de acoplamiento común para todos los tres trayectos de rayo de exploración, y
- los haces de rayos parciales interferentes generados en los tres trayectos de rayo de exploración se pueden acoplar a través de una óptica de desacoplamiento común en un segundo conductor de luz (26) que suministra estos haces de rayos a una disposición detectora.
- 20 2. Dispositivo óptico de medición de posición según la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de exploración (20; 20'; 120; 220) comprende en el lado de entrada una rejilla de disociación, que disocia el haz de rayos que incide desde la óptica de acoplamiento en los tres trayectos de rayo de exploración, estando asociados los +/- 1º órdenes de difracción de la rejilla de disociación al primer y segundo trayecto de rayo de exploración y estando asociado el 0^{ésimo} orden de difracción al tercer trayecto de rayo de exploración.
- 25 3. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, caracterizado porque en el tercer trayecto de exploración se propaga un haz de rayos parciales en la dirección de la medida materializada (10; 10'; 110; 210), allí experimenta una disociación en otros dos haces de rayos parciales que se reflejan de vuelta en la dirección del sistema de exploración (20; 20'; 120; 220), en donde experimentan respectivamente una retroreflexión y se propagan de nuevo en la dirección de la medida materializada (10; 10'; 110; 210) de forma decajada a lo largo de la segunda dirección de desplazamiento lateral
- 30 (X), en donde se superponen de forma interferente y se propagan de vuelta en la dirección del sistema de exploración (20; 20'; 120; 220), donde, a partir de ellos, se pueden detectar varias señales desfasadas respecto a un movimiento relativo a lo largo de la segunda dirección de desplazamiento lateral (X).
4. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de exploración (20; 20'; 120; 220) comprende un elemento óptico (22; 22') en cuyo lado dirigido a la medida materializada (10; 10'; 110; 210)
- 35 están dispuestos varios campos de rejilla (A1 – A4; B1 – B4; X1 – X4; A1' – A4'; B1' – B4'; X1' – X4') asociados de forma definida a los distintos trayectos de rayo de exploración con rejillas de transmisión, así como una rejilla de disociación (21; 21') en el lado de acoplamiento y una rejilla de disociación (23; 23') en el lado de desacoplamiento.
5. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 2, caracterizado porque las distancias de decajado (δx) entre los campos de rejilla (A1 – A4; B1 – B4; X1 – X4; A1' – A4'; B1' – B4'; X1' – X4') asociados y las rejillas de
- 40 desacoplamiento están seleccionadas idénticas a lo largo de la segunda dirección de desplazamiento lateral (X).
6. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 2, caracterizado porque entre el elemento óptico (22; 22') y la medida materializada (10; 10'; 110; 210) está dispuesto un vidrio cobertor (40) que se extiende, respecto a su extensión lateral, sobre todos los trayectos de rayo de exploración.
7. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 2, caracterizado porque entre el elemento óptico (22; 22') y
- 45 la medida materializada (10; 10'; 110; 210) está dispuesto un cuerpo de vidrio (50) compensado térmicamente, de modo que los cambios de temperatura no modifican las longitudes de recorrido ópticas de los haces de rayos parciales circulantes en el vidrio.
8. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, caracterizado porque la segunda fibra óptica (26) comprende respectivamente tres fibras multimodo (27) por trayecto de rayo de exploración, que están dispuestas en el
- 50 extremo en el lado de acoplamiento en una férula (28) común.
9. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, caracterizado porque la primera y segunda dirección de

desplazamiento lateral (Y, X) están orientadas perpendicularmente una respecto a otra y la medida materializada (10; 10'; 110; 210) está configurada como rejilla de cruz.

10. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, caracterizado porque los trayectos de rayo de exploración de todas las tres direcciones de desplazamiento (X, Y, Z) presentan un centro de exploración común.

5 11. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 1, caracterizado porque al menos un haz de rayos parciales en los trayectos de rayo de exploración experimenta un decalado a lo largo de la dirección de desplazamiento (X) correspondiente entre la primera y la segunda incidencia sobre la medida materializada (10; 10'; 110; 210).

10 12. Dispositivo de medición de posición según la reivindicación 2, caracterizado porque para la reflexión de vuelta de los haces de rayos parciales, el elemento óptico (22, 22') comprende componentes difractivos que reúnen en ellos varias funciones ópticas.

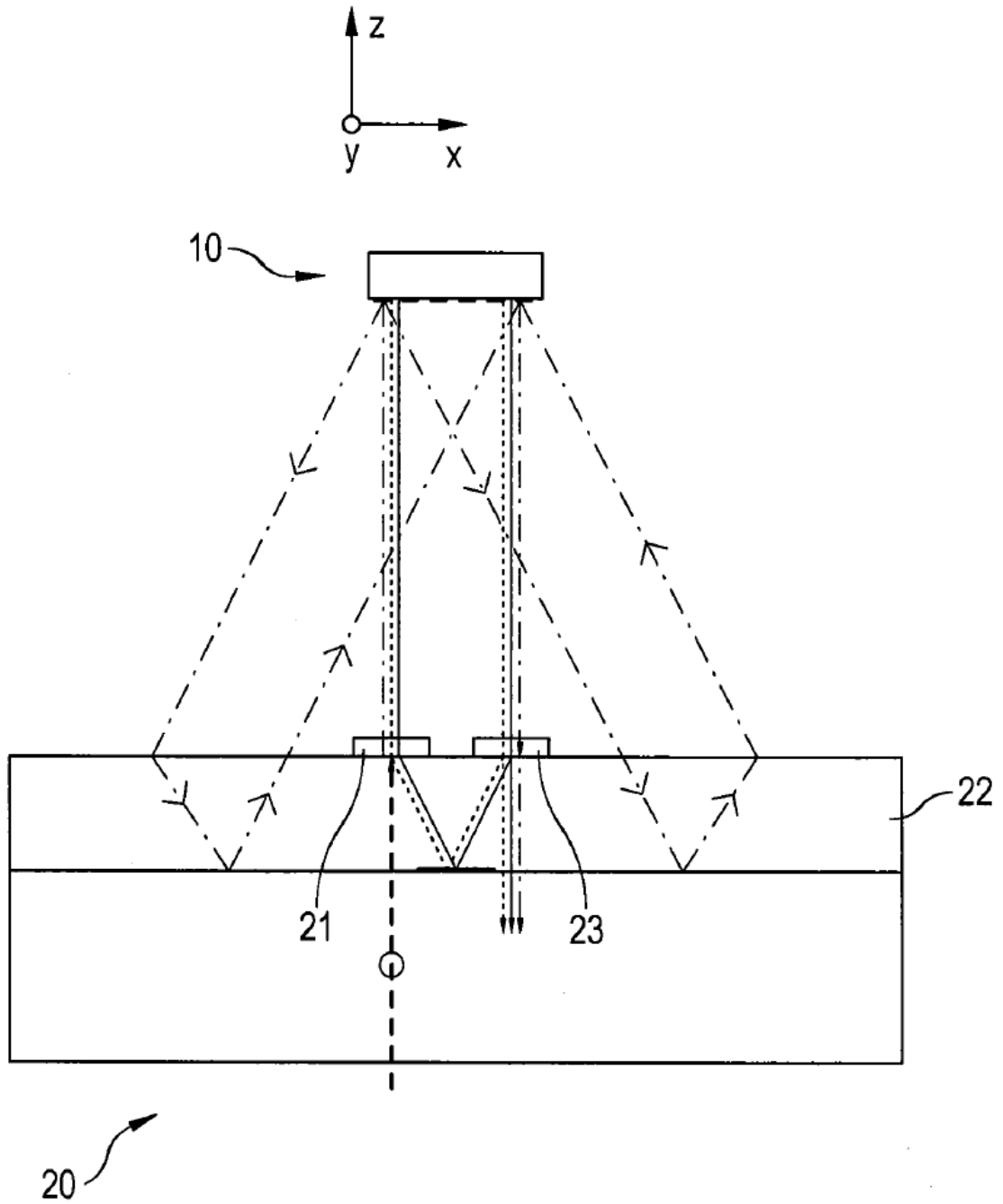


Fig. 1a

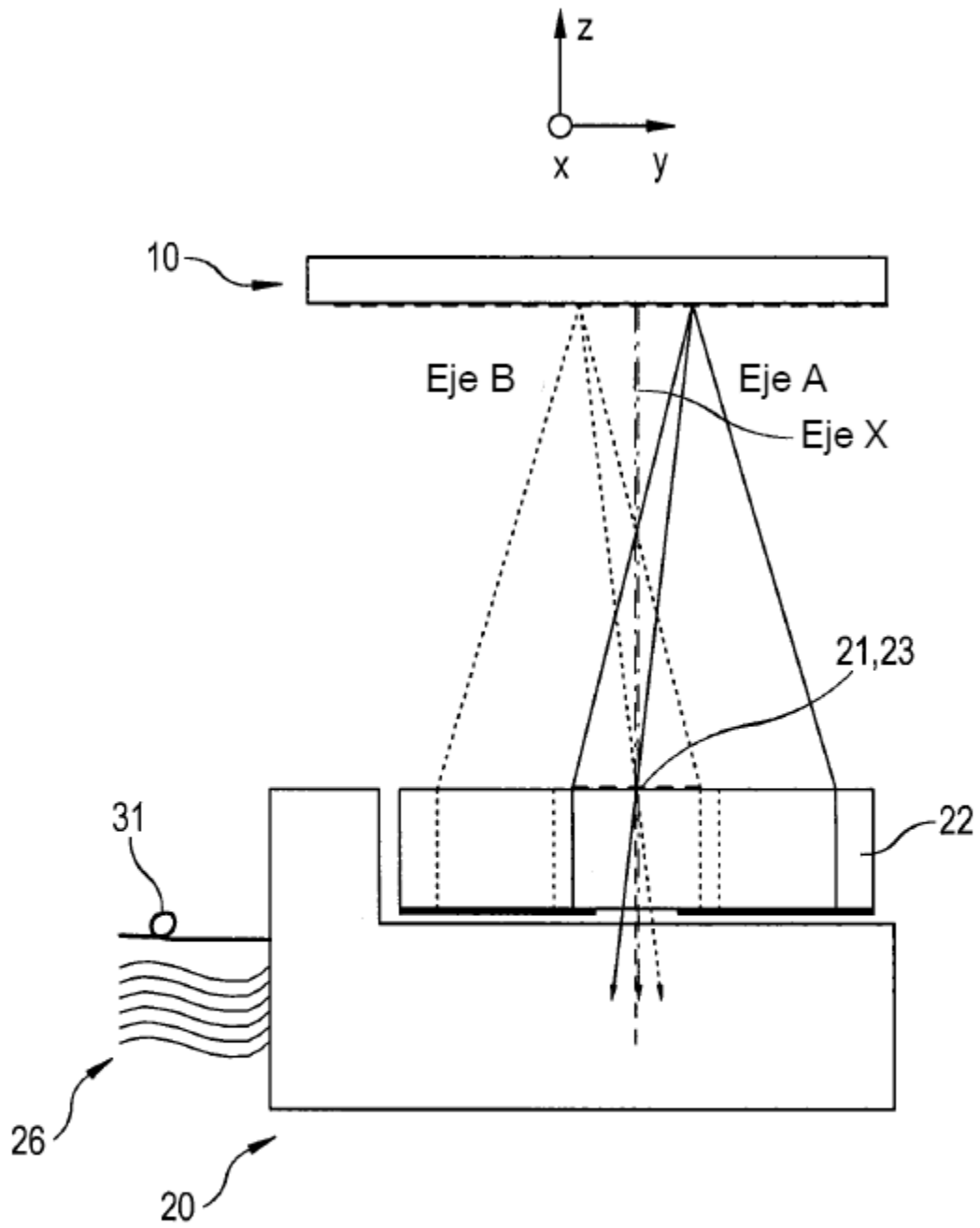


Fig. 1b

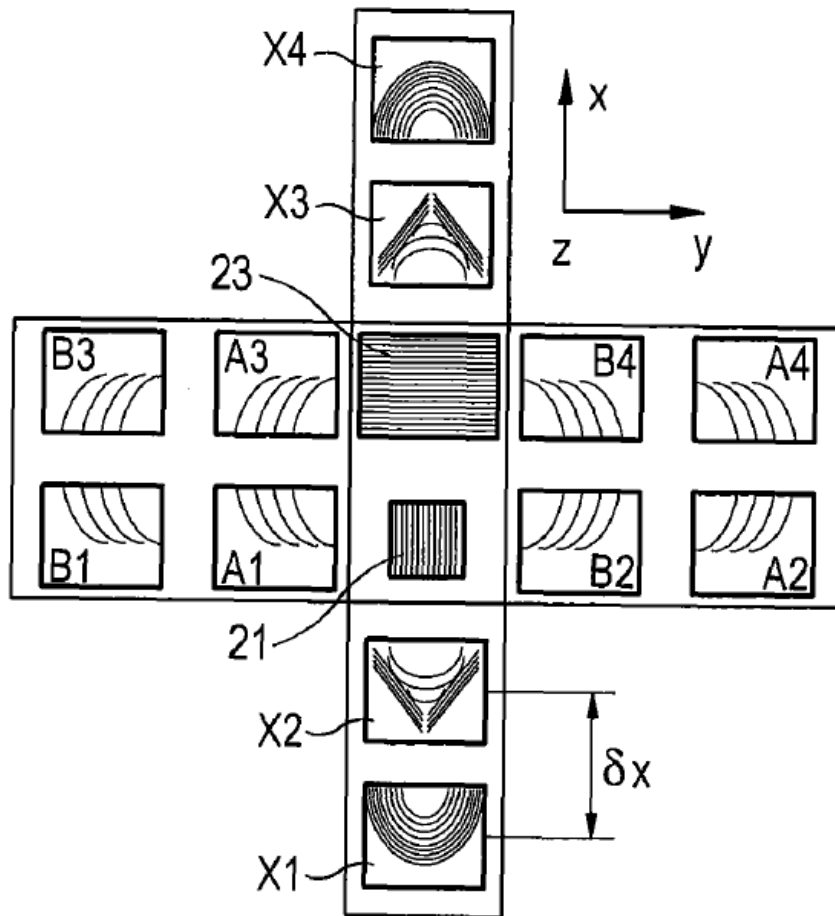
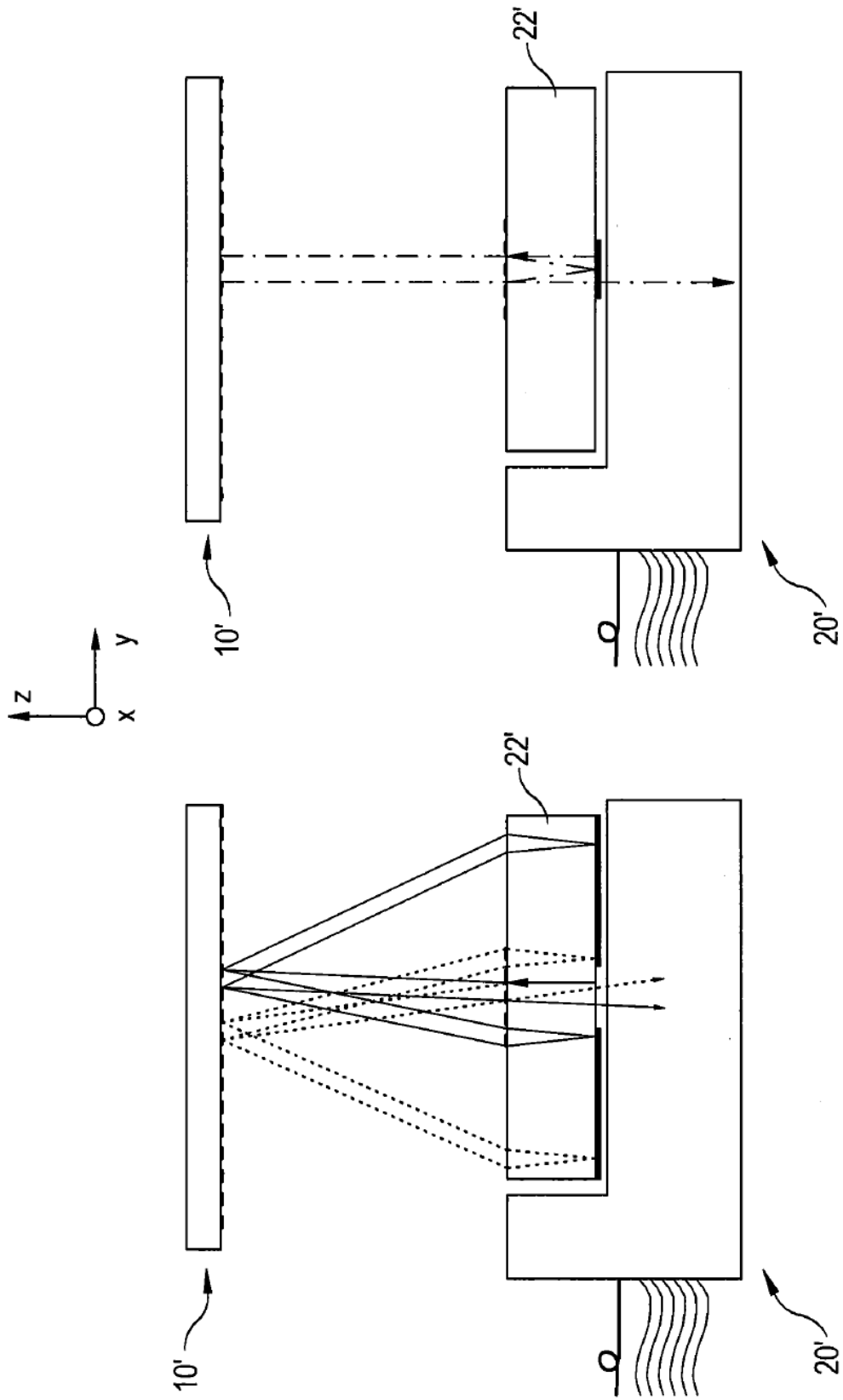


Fig. 1c

Fig. 2a



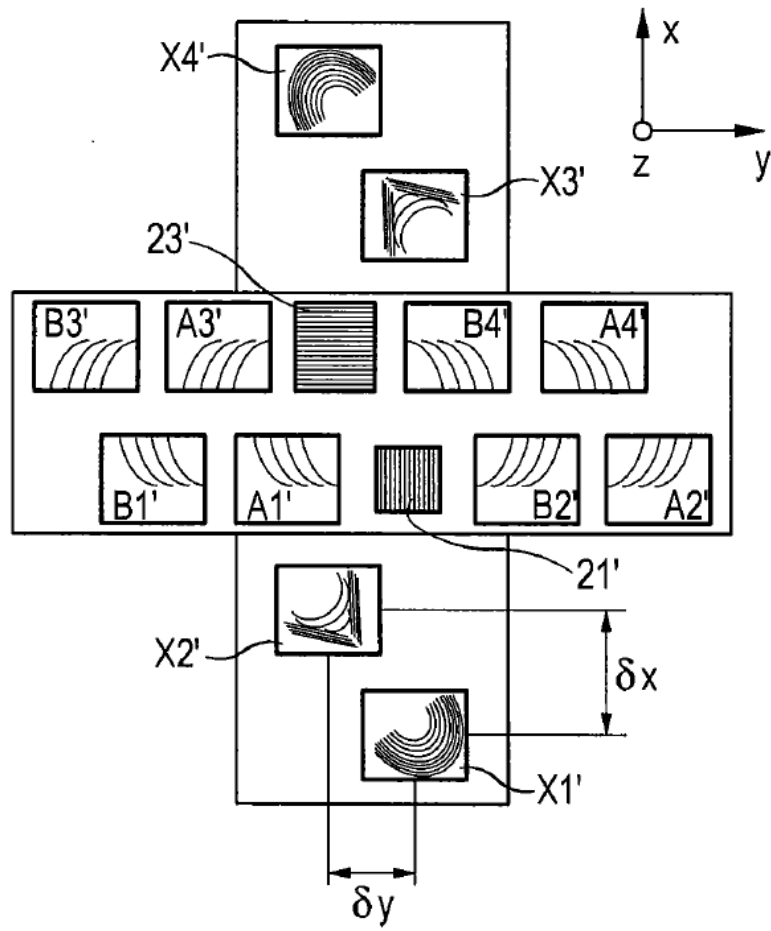


Fig. 2b

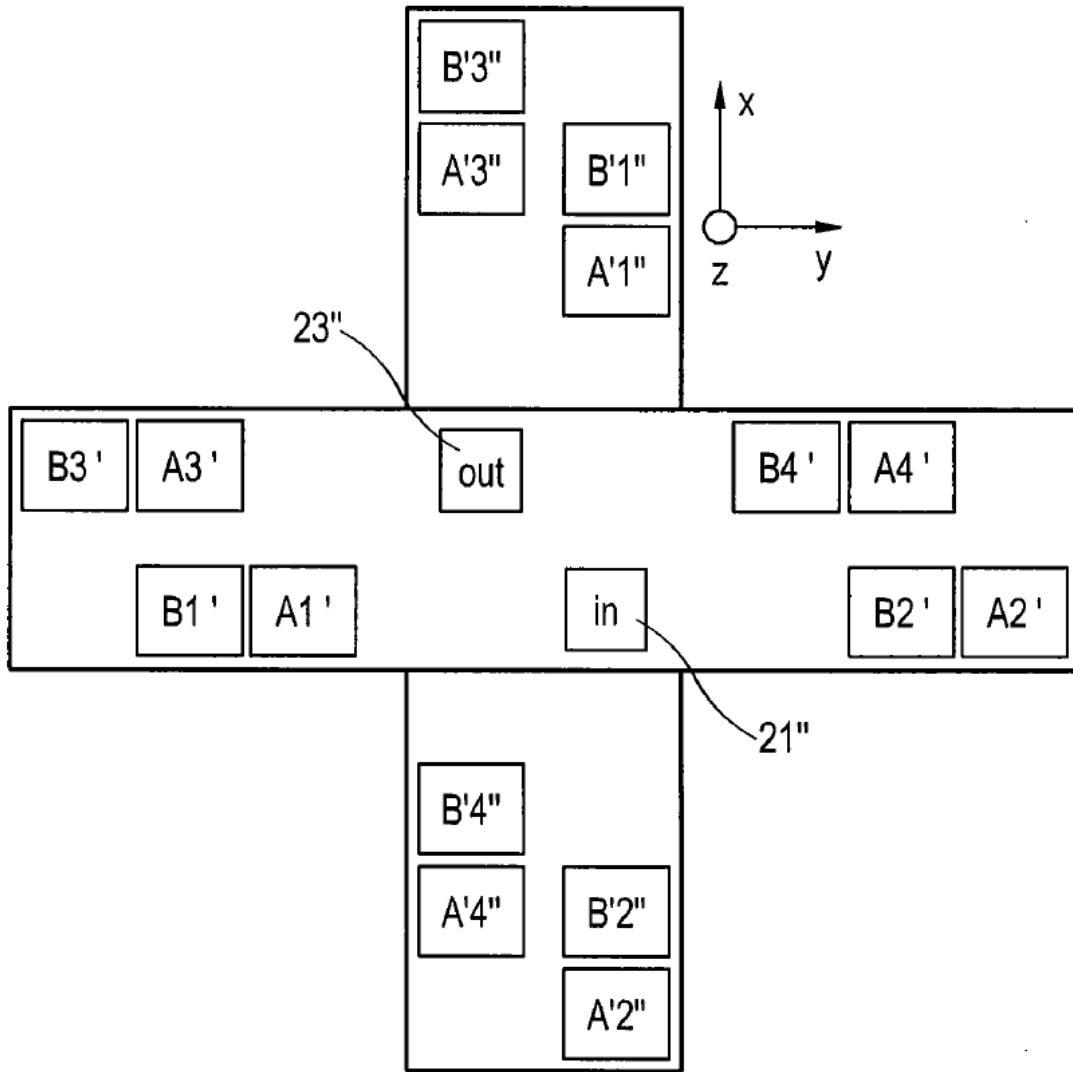


Fig. 3

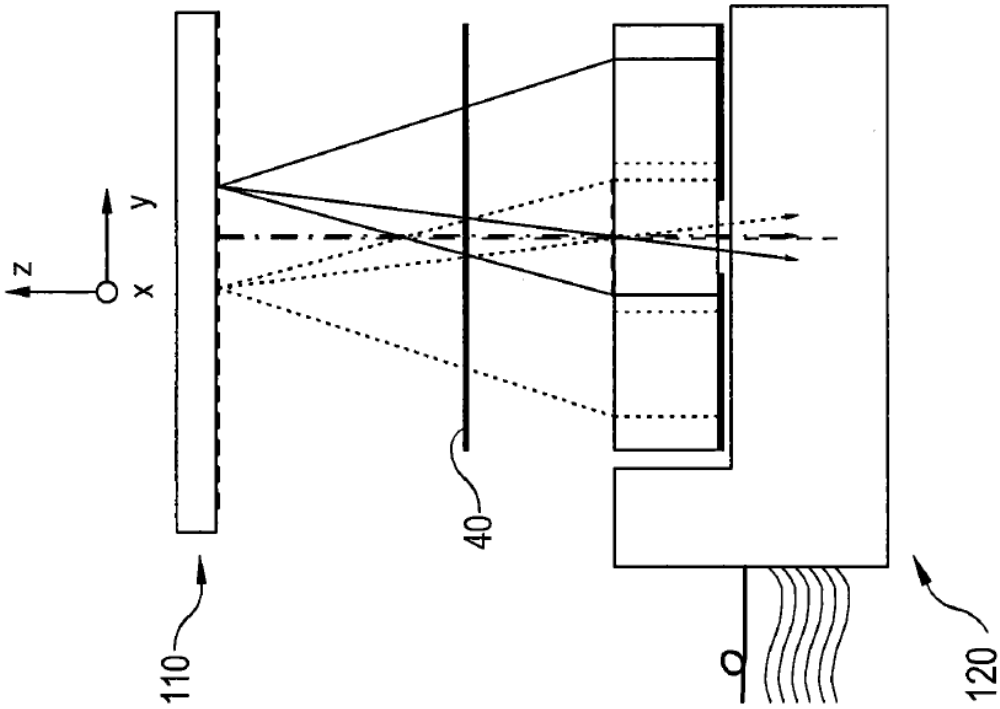
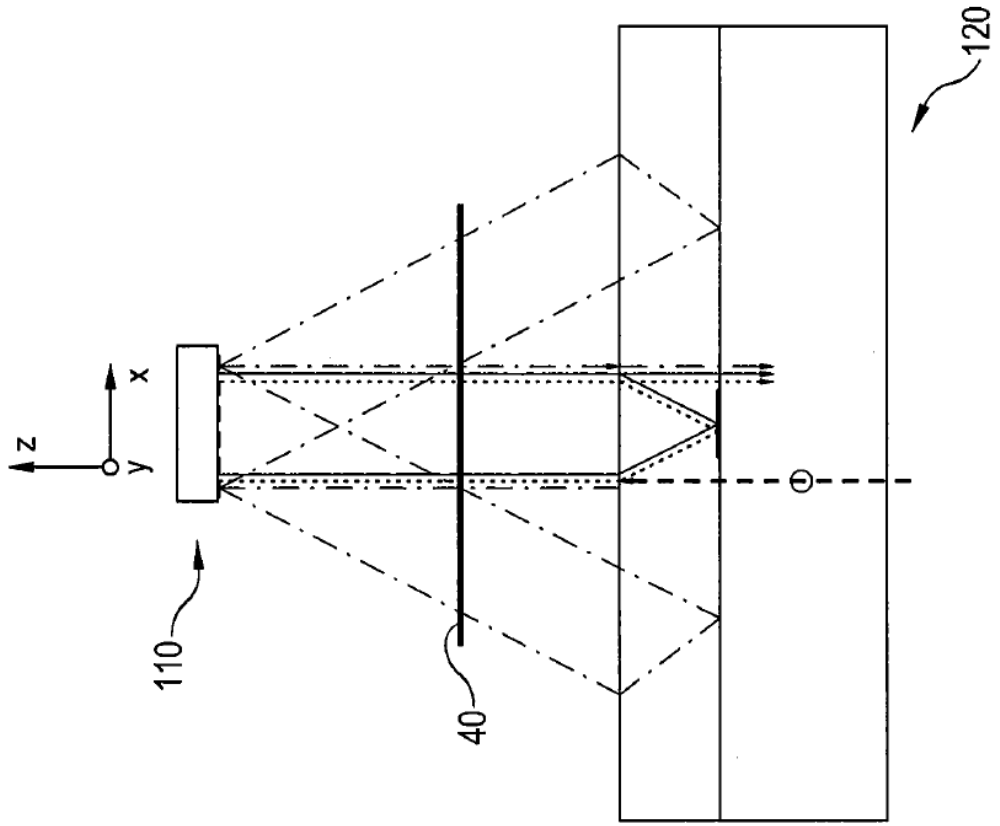


Fig. 4

Fig. 5

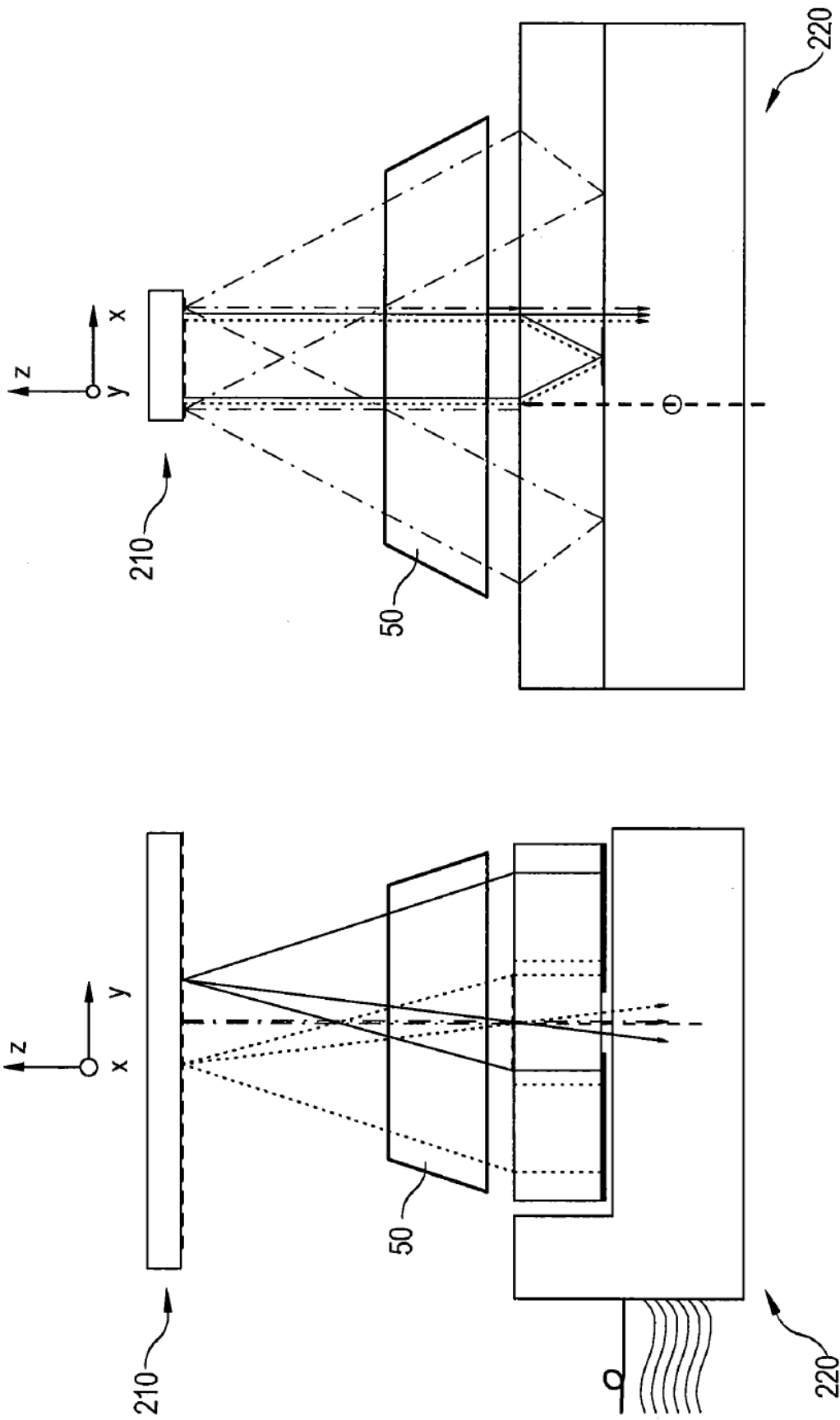
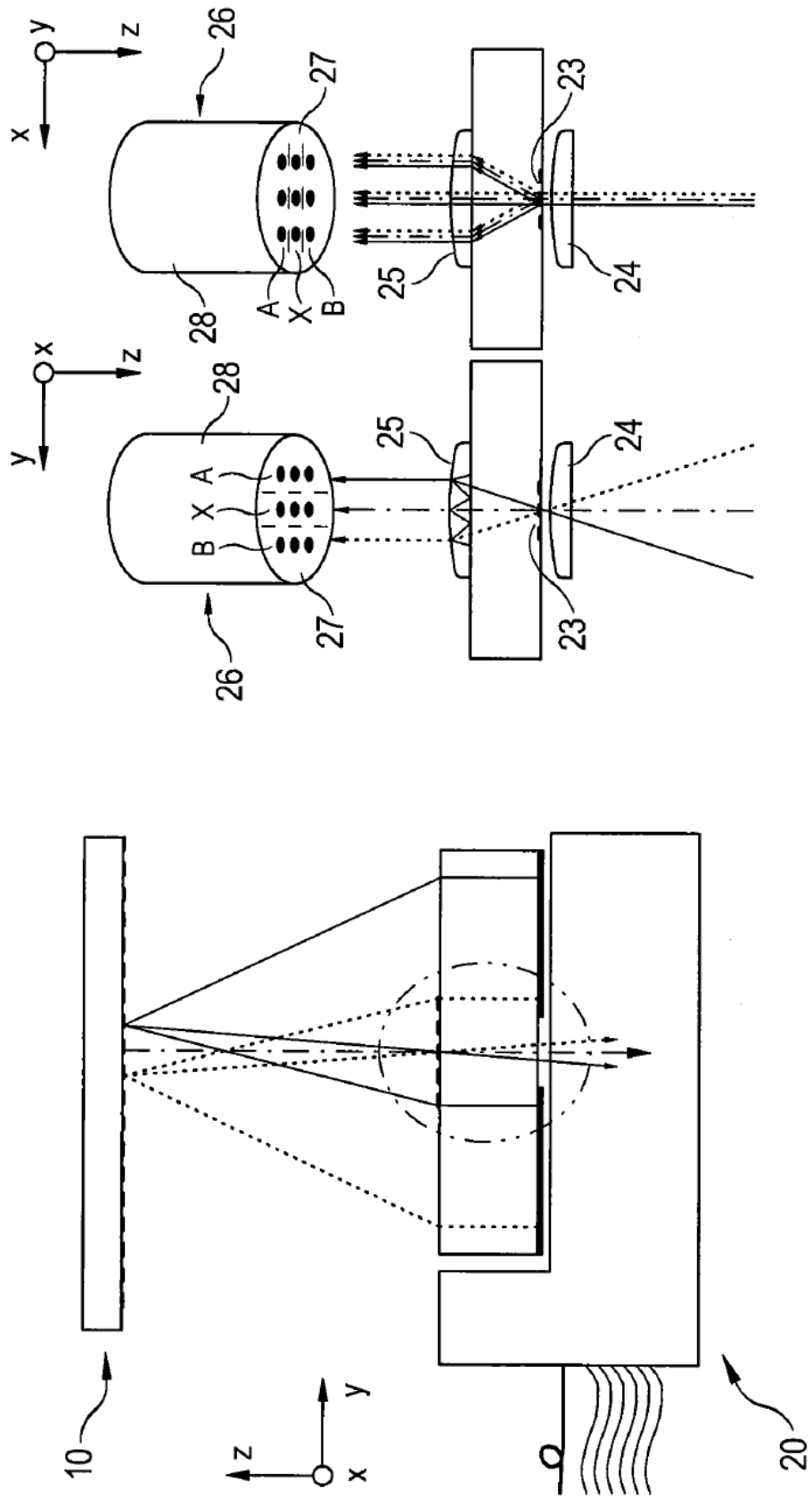


Fig. 6



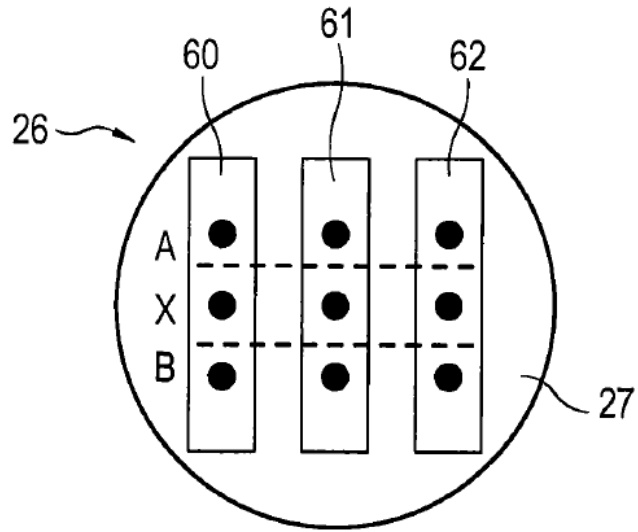


Fig. 7

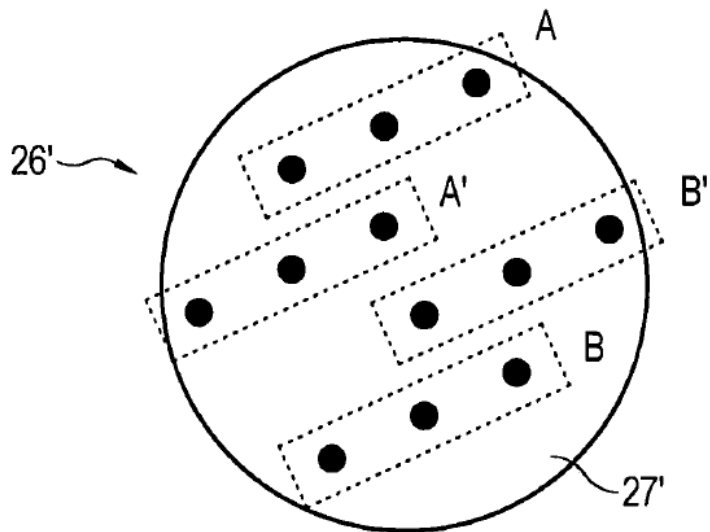


Fig. 8