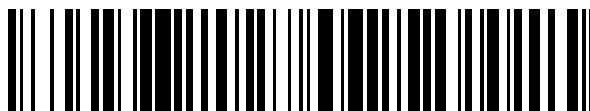


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 804**

51 Int. Cl.:

G01D 5/38 (2006.01)

G01D 5/347 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2006 E 06012138 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.12.2016 EP 1739395**

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

30 Prioridad:

28.06.2005 DE 102005029917

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

03.05.2017

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 2 610 804 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de medición de la posición

La presente invención se refiere a un dispositivo de medición de la posición de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

5 Un dispositivo de medición de la posición de este tipo se conoce, por ejemplo, a partir del documento WO 02/23131. Éste comprende, además de una incorporación de la medición, configurada, por ejemplo, como escala de luz
 10 incidente lineal, una unidad de exploración desplazable relativamente en al menos una dirección de medición con relación a la misma. Sobre lados de la unidad de exploración están dispuestos, además de una rejilla de exploración, varios elementos detectores optoelectrónicos, entre otros, también al menos un elemento reflector óptico en forma
 15 de un retro-reflector. A través del retro-reflector se realiza una retro-reflexión de los haces de rayos parciales reflejados por primera vez por la incorporación de medición en la dirección de la incorporación de medición. Allí se reflejan los haces de rayos parciales entonces a continuación una segunda vez, antes de que finalmente los haces de rayos parciales de interferencia lleguen sobre los detectores y generen allí señales de exploración moduladas dependientes del desplazamiento. El elemento reflector está configurado en el dispositivo de medición de la posición del tipo indicado al principio como prisma de techo con funcionalidad de retro-reflector óptico. Otros dispositivos de medición de la posición con elementos reflectores ópticos configurados como elementos retro-reflectores de tipo prismático se conocen, por ejemplo, a partir de las publicaciones EP 387 520 B1 o EP 1 347 271 A1.

20 Los elementos reflectores conocidos a partir del estado de la técnica para dispositivos de medición de la posición sobre la base de diferentes variantes de prismas representan componentes relativamente costosos de fabricar. A ello hay que añadir que estos componentes están constituidos relativamente grandes y, por lo tanto, resulta un incremento no deseado de la unidad de exploración.

Otro dispositivo de medición de la posición se conoce a partir del documento EP 0 645 608 A1. Éste se base en el principio de exploración de rejilla triple y propone diversas medidas para conformar de manera adecuada los frentes de las ondas de haces de rayos parciales de interferencia; se pretende, además, una tolerancia de montaje lo más grande posible. De esta publicación no se pueden deducir instrucciones sobre una configuración adecuada de elementos reflectores.

25 La presente invención tiene, por lo tanto, el problema de crear un dispositivo de medición de la posición, en el que se garantice una estructura lo más compacta posible de la unidad de exploración.

30 Este problema se soluciona de acuerdo con la invención por medio de un dispositivo de medición de la posición con las características de la reivindicación 1.

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

35 De acuerdo con la invención, ahora está previsto disponer los elementos en la unidad de exploración de tal manera que los haces de rayos parciales que inciden sobre la incorporación de medición se propagan difractados en la dirección de la unidad de exploración, donde éstos atraviesan primeras estructuras de rejilla. A continuación, los haces de rayos parciales inciden sobre el elemento reflector, desde el que se realiza una retro-reflexión en la dirección de la incorporación de medición, antes de que los haces de rayos parciales atraviesen entonces segundas estructuras de rejilla e incidan de nuevo sobre la incorporación de medición. Las estructuras de rejilla están configuradas en este caso de tal forma que durante la primera y durante la segunda pasada de los haces de rayos parciales resulta una acción de la lente definida sobre los haces de rayos parciales.

40 En lugar de elementos de retro-reflexión complejos y de estructura voluminosa sobre la base de prismas se emplea ahora en la unidad de exploración de acuerdo con la invención una unidad estructural, que está constituida por uno o varios elementos reflectores sencillos y por primeras y segundas estructuras de rejilla con acciones determinadas de las lentes ópticas. Las estructuras de rejillas asumen en este caso una funcionalidad de retro-reflector como también una funcionalidad de rejilla de exploración. Se puede realizar una estructura plana de esta unidad de construcción, de tal manera que posibilita de nuevo un montaje sencillo y económico de la misma.

45 Las estructuras de rejilla y el al menos un elemento reflector se pueden disponer en este caso sobre elementos diferentes como por ejemplo una placa de reflector y una placa de exploración. Pero de la misma manera también es posible una estructura monolítica compacta, en la que las estructuras de rejilla y el al menos un elemento reflector se disponen sobre un único sustrato de soporte.

50 Con preferencia, durante la pasada a través de las primeras estructuras de rejilla resulta como acción de la lente una acción de desviación orientada antiparalela a la dirección de incidencia en la dirección de medición así como una acción de enfoque perpendicularmente a la dirección de medición hacia el elemento reflector. Durante la pasada a través de las segundas estructuras de rejilla resulta como acción de la lente una acción de desviación en la dirección

de medición así como al menos una acción de colimación perpendicularmente a la dirección de medición.

Con preferencia, las primeras y las segundas estructuras de rejillas están configuradas, además, de tal manera que a través de las acciones de desviación resultantes durante la primera y la segunda pasada resulta un desplazamiento del rayo entre los puntos de incidencia de los haces de rayos parciales sobre las primeras y las segundas estructuras de rejilla.

En una forma de realización posible, las primeras y las segundas estructuras de rejilla están configuradas como rejillas de fases, que suprimen el orden de difracción 0.

De manera especialmente ventajosa, las primeras y las segundas estructuras de rejilla están configuradas con alta eficiencia en el orden de difracción +1 o en el orden de difracción -1.

En este caso, las primeras y las segundas estructuras de rejilla presentan líneas de rejilla un poco curvadas, que están dispuestas equidistantes en la dirección de medición.

En una forma de realización posible, el al menos un elemento reflector está configurado como elemento de espejo plano.

El reflector de espejo plano está dispuesto de manera más preferida en la unidad de exploración paralelamente a la incorporación de medición.

En una forma de realización ventajosa, la unidad de exploración comprende un sustrato de soporte transparente, sobre cuyo lado dirigido hacia la incorporación de medición están dispuestas las primeras y las segundas estructuras de rejillas. El al menos un reflector de espejo plano o bien está dispuesto sobre el lado del sustrato de soporte que está opuesto al mismo, de manera que el lado reflectante del reflector de espejo plano está orientado en la dirección de la incorporación de medición. De manera alternativa, el al menos un reflector de espejo plano está dispuesto sobre el mismo lado del sustrato de soporte, de manera que el lado reflectante del reflector de espejo plano está orientado alejado de la incorporación de medición.

Con preferencia, las primeras y las segundas estructuras de rejillas están configuradas de tal forma que un haz de rayos parciales colimado, que incide por primera vez sobre la incorporación de medición, se propaga después de la segunda incidencia sobre la incorporación de medición colimada en la dirección de la unidad de exploración.

Las diferentes estructuras de rejillas poseen con preferencia distancias focales, que corresponden a la distancia óptica entre las estructuras de rejillas y el elemento reflector.

En una forma de realización posible del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención, la unidad de exploración está configurada de tal forma que los haces de rayos emitidos por una fuente de luz inciden una primera vez sobre la incorporación de medición, que está configurada como rejilla de difracción de luz incidente, donde tiene lugar una escisión en dos haces de rayos parciales retro-reflejados hacia la unidad de exploración, que corresponden a dos órdenes de difracción diferentes. Los dos haces de rayos parciales retro-reflejados pasan en la unidad de exploración a través de dos primeras estructuras de rejilla en la dirección de dos elementos reflectores y experimentan en este caso una acción de desviación orientada antiparalela a la dirección de incidencia así como sólo una acción de enfoque perpendicular a la dirección de medición. Los haces de rayos parciales desviados y enfocados de esta manera inciden entonces sobre los elementos reflectores y experimentan una retro-reflexión en la dirección de la incorporación de medición. Los dos haces de rayos parciales retro-reflejados pasan entonces a través de dos segundas estructuras de rejillas en la dirección de la incorporación de medición y experimentan en este caso una acción de desviación en la dirección de medición así como sólo una acción de colimación perpendicularmente a la dirección de medición. Los dos haces de rayos parciales retro-reflejados pasan entonces de nuevo sobre la incorporación de medición, donde resulta una nueva difracción y retro-reflexión de haces de rayos parciales en la dirección de la unidad de exploración.

En una forma de realización alternativa del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención, la unidad de exploración está configurada de tal forma que los haces de rayos emitidos por una fuente de luz inciden una primera vez sobre la incorporación de medición, que está configurada con rejilla de difracción de luz incidente, donde tiene lugar una escisión en dos haces de rayos parciales retro-reflejados hacia la unidad de exploración, que corresponden a dos órdenes de difracción diferentes. Los dos haces de rayos parciales retro-reflejados pasan en la unidad de exploración a través de dos primeras estructuras de rejillas en la dirección de dos elementos reflectores y experimentan en este caso una acción de desviación orientada antiparalela a la dirección de incidencia así como una acción de enfoque tanto en la dirección de medición como también perpendicularmente a la dirección de medición. Los haces de rayos parciales desviados y enfocados de esta manera inciden entonces sobre los elementos reflectores y experimentan una retro-reflexión en la dirección de la incorporación de medición. Los dos haces de rayos parciales retro-reflejados pasan entonces a través de dos segundas estructuras de rejillas en la

dirección de la incorporación de medición y experimentan en este caso una acción de desviación en la dirección de medición así como una acción de colimación en la dirección de medición así como también perpendicularmente a la dirección de medición. Los dos haces de rayos parciales inciden entonces de nuevo sobre la incorporación de medición, donde resulta una nueva difracción y retro-reflexión de haces de rayos parciales en la dirección de la unidad de exploración.

Variantes posibles del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención prevén que después de la segunda retro-reflexión, los haces de rayos parciales retro-reflejados por la incorporación de medición perpendicularmente en la dirección de la unidad de exploración incida superpuestos sobre una rejilla de escisión, donde tiene lugar la escisión en varias direcciones espaciales y los haces de rayos parciales escindidos en las diferentes direcciones espaciales inciden sobre varios detectores de una disposición de detectores optoelectrónicos. Esto da como resultando en el caso del movimiento relativo de la unidad de exploración y la incorporación de medición, respectivamente, una señal de exploración modulada en función del desplazamiento.

En tales variantes puede estar previsto que o bien entre los elementos reflectores y las segundas estructuras de rejillas o entre las segundas estructuras de rejillas y la incorporación de medición están dispuestos elementos ópticos de polarización en la trayectoria de los rayos, que atraviesan los haces de rayos parciales después de la retro-reflexión en el elemento reflector y transforman los haces de rayos parciales polarizados lineales en haces de rayos parciales polarizados circulares.

De manera alternativa, para la generación de señales de exploración desfasadas, se puede prever que o bien las constantes medias de las rejillas de las dos primeras y de las dos segundas estructuras de rejillas estén seleccionadas diferentes en una medida reducida de la constante de la rejilla de la incorporación de medición o los trazos de las rejillas de las dos primeras y de las dos segundas estructuras de rejillas están dispuestas bajo un ángulo diferente de 0° con respecto a los trazos de las rejillas de la incorporación de medición.

Además, en la trayectoria de los rayos del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención, se puede prever una zona de ventana activa ópticamente, que atraviesan los haces de rayos emitidos por la fuente de luz antes de la primera incidencia sobre la incorporación de medición, de manera que en la zona de ventana activa ópticamente está dispuesta una rejilla de desviación, cuyos trazos de la rejilla se extienden paralelos a la dirección de medición.

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

La figura 1 muestra una primera parte de la trayectoria de los rayos de exploración de una primera forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra una segunda parte de la trayectoria de los rayos de exploración de una primera forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 3 muestra una vista de la trayectoria de los rayos de exploración de la primera forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 4 muestra una vista en planta superior sobre la placa de exploración de la primera forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 5 muestra una vista en planta superior sobre la placa de reflector de la primera forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

Las figura 6a y 6b muestran, respectivamente, una variante alternativa a la configuración del elemento reflector y de las estructuras de rejilla en la unidad de exploración del primer ejemplo de realización.

La figura 7 muestra una representación de la trayectoria de los rayos de otra variante de la primera forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 8 muestra una vista en planta superior sobre la placa de exploración del dispositivo de medición de la posición de la figura 7.

La figura 9 muestra una vista en planta superior sobre la placa de reflector del dispositivo de medición de la posición de la figura 7.

La figura 10 muestra una primera parte de la trayectoria de los rayos de exploración de una segunda forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

La figura 11 muestra una segunda parte de la trayectoria de los rayos de exploración de la segunda forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

5 La figura 12 muestra otra vista de la trayectoria de los rayos de exploración de la segunda forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención.

Con la ayuda de las figuras 1 a 5 se explica a continuación una primera forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención configurado como sistema de luz incidente. Las figuras 1 y 2 muestran en este caso, respectivamente, en forma esquemática trayectorias parciales de los rayos de exploración en una vista lateral en el plano-x-z, mientras que la figura 3 muestra una vista de la trayectoria de los rayos de exploración en el plano-y-z. En la figura 1 se representa la trayectoria de los rayos de exploración desde la fuente de luz 21 hasta los elementos reflectores 26.1 o bien 26.2, la figura 2 ilustra la trayectoria de los rayos de exploración desde los elementos reflectores 26.1 o bien 26.2 hasta los elementos detectores 29.1, 29.2, 29.3 de la disposición de detectores optoelectrónicos. Las figuras 4 y 5 muestran, respectivamente, vistas sobre la placa de exploración 25 o bien la placa de reflector 23 con elementos ópticos previstos allí.

El dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención comprende una incorporación de medición 10 así como una unidad de exploración 20 móvil con relación a ella en al menos una dirección de medición x. Con la incorporación de medición 10 y la unidad de exploración 20 se acoplan de manera conocida los objetos, cuya posición relativa se puede determinar con la ayuda del dispositivo de medición de la posición. En este caso, se puede tratar, por ejemplo, de partes de máquinas, cuya posición relativa se puede detectar con precisión; las señales de exploración o bien datos de posición generados por medio del dispositivo de medición de la posición son procesados posteriormente por una electrónica siguiente – no representada – o por una unidad de evaluación, por ejemplo para el control de la máquina.

En el ejemplo de realización siguiente se representa un dispositivo de medición de la posición para la detección de movimientos lineales con una incorporación de medición que se extiende linealmente, evidentemente también se pueden realizar dispositivos rotatorios de medición de la posición sobre la base de las consideraciones de acuerdo con la invención.

A continuación se describe la trayectoria básica de los rayos de exploración de la primera forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención con la ayuda de las figuras 1 a 5.

35 Los haces de rayos polarizados linealmente, emitidos por la fuente de luz 21, por ejemplo un diodo láser, son colimados en el ejemplo representado en primer lugar a través de una lente de colimación 22, es decir, que son convertidos en una haz de rayos paralelos. A continuación, este haz de rayos pasa por zonas de ventana 28.1, 27 activas ópticamente de una placa de reflector 23 y una placa de exploración 25. La placa de reflector 23 y la placa de exploración 25 están constituidas en este ejemplo de realización por un sustrato de soporte transparente, en forma de placa, por ejemplo de cristal, sobre el que están dispuestos una serie de elementos ópticos, como los elementos reflectores 26.2, 26.2 y las estructuras de rejillas 24.1 - 24.4, 32. La función concreta de los diferentes elementos ópticos en la trayectoria de los rayos de exploración se describe en detalle todavía a continuación.

El haz de rayos colimado incide a continuación una primera vez sobre la incorporación de medición 10, que está configurada en este ejemplo como escala lineal de luz incidente. La incorporación de medición 10 comprende una disposición periódica, que se extiende en la dirección de medición x, de zonas de división con diferentes propiedades ópticas. En el presente ejemplo de realización, en la incorporación de medición 10 se trata de una rejilla de reflexión-difracción, cuyos trazos de la rejilla se extienden en el plano de la incorporación de medición en la dirección-y indicada; a continuación se habla en este caso, entre otras cosas, de la llamada dirección de los trazos y.

50 Durante la incidencia del haz de rayos incidente sobre la incorporación de medición 10 tiene lugar una escisión en dos haces de rayos parciales, que son retro-reflejados como orden de difracción ± 1 en la dirección de la unidad de exploración 20. En la unidad de exploración 20, los haces de rayos parciales pasan entonces, respectivamente, por las primeras estructuras de rejillas 24.1, 24.2, que están dispuestas allí sobre la placa de exploración 25. Las primeras estructuras de rejillas 24.1, 24.2 ejercen de acuerdo con la invención una acción de lente ópticamente definida sobre los haces de rayos parciales que pasan. En este caso se trata, por una parte, de una acción de desviación definida sobre los haces de rayos parciales, de manera que éstos son desviados antiparalelos a la dirección de incidencia en la dirección de medición x. Por otra parte, se trata de una acción de enfoque sobre los haces de rayos parciales perpendicularmente a la dirección de medición, es decir, en dirección-y o bien en la dirección de los trazos de la incorporación de medición 10, hacia el elemento reflector 26.1, 26.2 dispuesto en cada caso a continuación. En la representación de la figura 3 se ilustra especialmente la última acción de enfoque mencionada en la dirección de los trazos y; en la figura 1 se muestra la primera acción de desviación mencionada con respecto a la dirección de propagación principal de los dos haces de rayos parciales.

Para conseguir tal acción de la lente de las primeras estructuras de rejillas 24.1, 24.2, las primeras estructuras de rejillas 24.1, 24.2 están configuradas, por decirlo así, como lentes cilíndricas fuera de eje sobre la placa de exploración 25. Sus distancias focales corresponden a la distancia óptica con respecto a la placa de reflector 23. Tal configuración de las propiedades ópticas de las primeras estructuras de rejillas 24.1, 24.2, provoca que los rayos principales de los haces de rayos parciales enfocados incidan en la dirección de los trazos-y bajo un ángulo definido por la placa de reflector 23 y de esta manera resulta una separación espacial de los haces de rayos parciales que inciden sobre la placa de reflector 23 y son reflejados desde ella, a cuyo fin se remite, por ejemplo, a la figura 3.

Una vista en planta superior sobre la placa de exploración 25 con las primeras estructuras de rejilla 24.1, 24.2 dispuestas encima se representan en la figura 4. En este caso se muestra que estas estructuras de rejillas 24.1, 24.2, presentan, respectivamente, líneas de rejillas curvadas, que están dispuestas equidistantes en la dirección de medición x. Con preferencia, las primeras estructuras de rejillas 24.1, 24.2, están configuradas como rejillas de fases, que suprimen el orden de difracción 0; especialmente ventajosas son en este caso las llamadas rejillas de fases marcadas, que poseen una eficiencia alta en el orden de difracción +1 o en el orden de difracción -1.

Los haces de rayos parciales desviados y enfocados de esta manera llegan a continuación sobre los elementos de reflector 26.1, 26.2, que están dispuestos en el presente ejemplo de realización sobre el lado superior de la placa de reflector 23 y están configurados como reflectores de espejo plano.

Desde los elementos reflectores 26.1, 26.2 se realiza una retro-reflexión de los haces de rayos parciales en la dirección de la incorporación de medición 10. Antes de que los haces de rayos parciales incidan una segunda vez sobre la incorporación de medición 10, éstos atraviesan en la unidad de exploración 20 en el ejemplo representado en primer lugar todavía en cada caso un elemento de polarización óptica 31.1, 31.2 en forma de una placa $\lambda/4$ así como a continuación segundas estructuras de rejillas 24.3, 24.4, que están dispuestas de la misma manera sobre la placa de exploración 25. A este respecto, se remite de nuevo a la representación en la figura 3.

A través de los elementos de polarización óptica 31.1, 31.2 se generan a partir de los haces de rayos parciales polarizados lineales, respectivamente, haces de rayos parciales polarizados, en cambio, circulares. Las segundas estructuras de rejillas 24.3, 24.4 poseen de la misma manera una acción de lente definida para los haces de rayos parciales de pasan. De esta manera, los haces de rayos parciales polarizados circulares experimentan en este caso una acción de desviación en la dirección de medición x así como al menos una acción de colimación perpendicularmente a la dirección de medición x, es decir, en la dirección de los trazos y. Con preferencia, las segundas estructuras de rejillas 24.3, 24.4 de este ejemplo están configuradas como las llamadas lentes fuera de eje; por lo demás, con respecto a la configuración de las mismas se remite a las explicaciones anteriores con respecto a las primeras estructuras de rejilla 24.1, 24.2.

En virtud de las acciones de desviación resultantes durante la primera y la segunda pasada a través de las estructuras de rejilla 24.1 - 24.4 resulta un desplazamiento de los rayos entre los primeros y los segundos puntos de incidencia de los haces de rayos parciales sobre las primeras y segundas estructuras de rejilla 24.1 - 24.4.

Los haces de rayos parciales desviados de esta manera a través de las segundas estructuras de rejilla 24.3 - 24.4 y (parcialmente) colimados al menos en dirección-y llegan a continuación una segunda vez sobre la incorporación de medición 10, donde resulta una nueva difracción y retro-reflexión de los haces de rayos parciales en forma de los órdenes de difracción +/- 1 en la dirección de la unidad de exploración 20. Después de la reflexión en la incorporación de medición 10, los haces de rayos parciales retro-reflejados perpendicularmente en la dirección de la unidad de exploración 20 inciden como haces de rayos superpuestos ahora polarizados lineales de nuevo sobre una rejilla de escisión 32, que está dispuesta sobre la placa de exploración 25. La instalación de polarización del haz de rayos que incide sobre la rejilla de escisión 32 depende de la posición relativa de la incorporación de medición 10 hacia la unidad de exploración 20. Si se desplaza, por ejemplo, la incorporación de medición 10 en torno a una cuarta parte de sus constantes de rejilla en la dirección de medición x, entonces resulta en virtud de la difracción realizada dos veces en la incorporación de medición 10 en los órdenes de difracción +/- 1 un desfase de 360° entre los haces de rayos parciales llevados a superposición. La dirección de polarización del haz de rayos polarizados linealmente resultantes se modifica en torno a 180°, lo que corresponde a un periodo de la señal en la señal de exploración resultante.

La rejilla de escisión 32 del presente ejemplo posee una estructura de división periódica en la dirección de medición x, cuyos trazos de división se extienden en la dirección-y. En la rejilla de escisión 32 resulta, como se representa, una escisión del haz de rayos incidente en tres direcciones espaciales diferentes. En las diferentes direcciones espaciales están emplazados, respectivamente, unos elementos detectores 29.1 - 29.3 de una disposición de detectores optoelectrónicos, sobre la que inciden los haces de rayos escindidos después de pasar por zonas de ventanas ópticamente inactivas 28.2 sobre la placa de reflector 23. En los elementos detectores 29.1 - 29.3 resultan, en el caso del movimiento relativo de la incorporación de medida 10 y la unidad de exploración 20, las señales de exploración moduladas en virtud del desplazamiento, que se pueden procesar posteriormente de manera conocida. Delante de los elementos detectores 29.1 - 29.3 está dispuesto, respectivamente, otro elemento de polarización

óptica 30.1 – 30.3 en forma de un polarizador, para generar de esta manera tres señales de exploración desfasadas +/- 120°.

5 Como ventaja decisiva del dispositivo de medición de la posición explicado hay que indicar que en lugar de prismas complejos para la realización de la funcionalidad de desviación como también de la funcionalidad de rejilla de exploración en la trayectoria de los rayos de exploración en la unidad de exploración, se puede emplear ahora una estructura de rejillas - con preferencia difractiva – en forma de las primeras y segundas estructuras de rejilla en combinación con un reflector de espejo plano sencillos.

10 El primer ejemplo de realización descrito se puede modificar también todavía o bien completar en el marco de la presente invención; a continuación se explican brevemente algunas alternativas.

15 Así, por ejemplo, es posible también no disponer los elementos de polarización óptica 31.1, 31.2, que provocan la conversión de los haces de rayos parciales polarizados linealmente en haces de rayos parciales polarizados, en cambio, circulares entre los elementos reflectores 26.1, 26.2 y las segundas estructuras de rejilla 24.3, 24.4, sino ya en la trayectoria siguiente de los rayos entre las segundas estructuras de rejillas 24.3, 24.4 y la incorporación de medición 10.

20 Además, se podrían disponer los elementos reflectores 26.1, 26.2, en principio, también sobre el lado inferior de la placa de reflectores 23.

25 En lugar de la variante de polarización óptica explicada para la generación de las señales de exploración desfasadas, se podría prever también una generación alternativa de las mismas en el marco de la presente invención. A tal fin se contemplan principios de exploración conocidos, los llamados principios de exploración de Vernier o de Moire, en los que entonces se pueden seleccionar las constantes de rejilla de la incorporación de medición y de las primeras y segundas estructuras de rejillas de manera diferente en una medida insignificante (sistema de Vernier) o bien con una alineación angular ligeramente diferenciada (sistema de Moire). En el plano de detección resulta entonces un patrón periódico de franjas, que se modula en función del desplazamiento y se puede explorar de manera conocida.

30 En tal forma de realización, se suprimen todos los componentes de polarización óptica del primer ejemplo de realización explicado, es decir, las placas- $\lambda/4$ 31.1, 31.2 mencionadas anteriormente, los polarizadores 30.1, 30.2, 30.3 así como las rejillas de escisión 32. En el plano de detección se emplazaría entonces en una forma de realización de este tipo, por ejemplo, una llamada disposición de detector estructurada, a través de la cual se realiza una exploración de patrón de franjas resultante allí y una conversión del mismo en señales de exploración desfasadas. De manera alternativa a tal variante de detección se podría emplear en esta forma de realización de manera conocida también componentes ópticos como matrices de lentes cilíndricas o estructuras de rejilla en combinación con detectores planos para la exploración del patrón de franjas.

35 En otra variante modificada de la primera forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención, se puede prever en la unidad de exploración, seleccionar en lugar de la placa de exploración y de la placa de reflectores separadas, una estructura monolítica, en la que solamente se prevé un único sustrato de soporte transparente, sobre el que están dispuestos tanto las diferentes estructuras de rejilla como también los elementos reflectores. Ejemplos de realización correspondientes se representan de forma esquemática en las figuras 6a y 6b.

40 En el ejemplo de la figura 6a se muestra una vista parcial de un componente correspondiente en el plano-y-x en la trayectoria de los rayos de exploración, a manera similar a la representación anterior de la figura 3. En lugar de elementos separados para la placa de exploración y la placa de reflectores está previsto ahora un único sustrato de soporte transparente 40, sobre cuyo lado inferior o bien sobre el lado dirigido hacia la incorporación de medición – no representada – están dispuestas las primeras y las segundas estructuras de rejillas 44.1, 44.2. Sobre el lado opuesto o bien el lado superior del sustrato de soporte 40 está dispuesto el elemento reflector 46.1, configurado de nuevo como simple reflector de espejo plano.

45 La figura 6b muestra una variante similar de una estructura monolítica. De nuevo está previsto sólo un único sustrato de soporte transparente 50, en el que están dispuestos los elementos ópticamente relevantes en forma de las primeras y segundas estructuras de rejillas 54.1, 54.2 o bien el elemento reflector 56.1 ahora todos juntos sobre el lado inferior del sustrato de soporte. La desviación necesaria de los haces de rayos parciales en el lado superior opuesto del sustrato de soporte 50 se puede realizar, por ejemplo, sobre otros elementos reflectores o bien capas reflectantes dispuestos allí.

50 En el caso de una estructura monolítica de acuerdo con las representaciones en la figura 6a o en la figura 6b, se puede suprimir totalmente la aplicación de capas reflectantes, cuando las inclinaciones de los rayos en el sustrato de soporte 50 son suficientemente grandes en virtud de las estructuras de rejillas 44.1, 44.2; 54.1, 54.2 correspondientemente finas, de manera que resuelta tal reflexión total. Estructuras de rejillas 44.1, 44.2, 54.1, 54.2 más finas ofrecen en este caso, en principio, la ventaja de que resultan menos órdenes de difracción y de esta

manera permanece más potencia de luz en el orden de difracción deseado.

Además, con respecto a formas de realización alternativas, hay que mencionar que la fuente de luz no tiene que estar integrada forzosamente como se describe en el ejemplo anterior en la unidad de exploración. Así, por ejemplo, también es posible disponer la fuente de luz alejada de ella y alimentar los haces de rayos de iluminación de la unidad de exploración por medio de conductores de luz, etc.

Lo mismo se aplica, por lo demás, también para los elementos detectores de la disposición de detectores optoelectrónicos, es decir, que éstos pueden estar dispuestos de la misma manera separados en el espacio desde la unidad de exploración propiamente dicha. Los haces de rayos parciales a detectar son alimentados entonces a los elementos detectores, por ejemplo, a través de conductores de luz.

Otra variante del primer ejemplo de realización se representan de forma esquemática en las figura 7 – 9. Los elementos funcionalmente equivalentes de este ejemplo de realización están designados en este caso con signos de referencia idénticos como en el ejemplo explicado anteriormente. A continuación sólo se describen las diferencias con respecto al ejemplo explicado anteriormente, por lo demás se remite a las explicaciones anteriores.

Así, por ejemplo, en esta variante está previsto disponer en las zonas de ventana 27, 28.1, 28.2 ópticamente inactivas en el presente ejemplo en la trayectoria de los rayos de la placa de exploración y de la placa de reflectores 25, 23 ahora, respectivamente, unas rejillas de desviación 27.1, 28.3. Las rejillas de desviación 27.1, 28.3 poseen en cada caso trazos de división, que están dispuestos periódicamente en dirección-y y se extienden en la dirección de medición-x. Las periodicidades de las dos rejillas de desviación 27.1, 28.3 están seleccionadas idénticas en las zonas de ventana ópticamente inactivas.

La previsión de rejillas de desviación 27.1, 28.3 de este tipo en las zonas de ventana correspondientes de la placa de exploración y de la placa de reflectores 23, 25 en la trayectoria de los rayos tiene el efecto de que se pueden compensar eventuales modificaciones de las longitudes de ondas de la fuente de luz. En virtud de las primeras y segundas estructuras de rejillas 24.1 - 24.4 configuradas difractivas se podría producir un desplazamiento no deseado de la desviación de los rayos en dirección-y, cuando los primeros y segundos puntos de incidencia están desplazados en las primeras y segundas estructuras de rejillas, lo que significaría, por decirlo así, un desplazamiento del punto de medición efectivo. La disposición de las rejillas de desviación 27.1, 28.3 – como está previsto ahora – tiene la consecuencia de que eventuales modificaciones de las longitudes de ondas repercuten en sentido opuesto sobre los primeros y segundos puntos de incidencia y de esta manera se mantiene inalterado de desplazamiento efectivo del rayo o bien el punto de medición efectivo.

Evidentemente, las diferentes formas de realización alternativas descritas anteriormente se pueden realizar también en combinación con esta variante.

Una segunda forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención se describe a continuación con la ayuda de las figuras 10 – 12. La estructura básica de esta forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención así como el desarrollo de la trayectoria de los rayos de exploración son esencialmente idénticos al primer ejemplo explicado. Por lo tanto, a continuación se explican de nuevo sólo las diferencias decisivas.

Así, por ejemplo, las primeras estructuras de rejilla 124.1, 124.2 poseen ahora como acción de la lente, adicionalmente a la funcionalidad óptica de acuerdo con el primer ejemplo de las figuras 1 – 5, una acción de enfoque adicional sobre los haces de rayos parciales que pasan en la dirección de medición x. Esto se muestra, por ejemplo, en la representación de la figura 10. Las primeras estructuras de rejilla están configuradas a tal fin como lentes fuera de eje dimensionadas de forma correspondiente, cuyas distancias focales corresponden a la distancia óptica con respecto a la placa de reflector 123. Tal diseño de las propiedades ópticas de las primeras estructuras de rejilla 124.1, 124.2 provoca que el rayo principal del haz de rayos parciales enfocados incida en la dirección de medición x perpendicularmente a la placa de reflector 23, en cambio en la dirección de los trazos-y bajo un ángulo definido. Este ángulo se selecciona de tal manera que de nuevo resulta una separación espacial de los haces de rayos parciales, que inciden sobre la placa de reflector 123 y que salen de ella, en dirección-y. Durante el paso a través de las segundas estructuras de rejilla 124.3, 124.4, que tiene lugar después de la reflexión en los elementos reflectores 126.1, 126.2, los haces de rayos parciales experimentan de nuevo una acción de lente óptica, como ya se ha explicado en el ejemplo anterior, es decir, que se realiza una bajada antiparalela a la dirección de incidencia así como una colimación de la misma.

Las primeras estructuras de rejillas 124.1, 124.2 configuradas en este ejemplo de realización como lentes fuera de eje enfocan en este caso los haces de rayos parciales respectivos en ambas direcciones laterales x, y, y corresponden de esta manera en su acción de lente óptica a lentes simétricas cilíndricas convencionales. A diferencia de ello, las lentes cilíndricas fuera de eje del primer ejemplo poseen solamente una acción de lente en forma de una acción de enfoque en dirección-y.

Para la función correcta de esta forma de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención es importante, además, que la placa de reflector 123 esté dispuesta a ser posible paralela a la incorporación de medición.

5 A través de la acción óptica adicional de las estructuras de rejilla resulta en este ejemplo de realización, por lo Tamayo, una funcionalidad óptica de retro-reflector a partir de la colaboración de las estructuras de rejillas 124.1 – 124.4 y los elementos reflectores 126.1, 126.2 en la trayectoria de los rayos de exploración. En lugar de realizar una funcionalidad de retro-reflector de este tipo como hasta ahora por medio de prismas triples costosos, etc., se puede conseguir el mismo efecto óptico ahora a través de elementos difractivos constituidos más sencillos.

10 Por lo demás, también en este ejemplo de realización se pueden llevar a cabo todas las medidas alternativas ya explicadas anteriormente, es decir, que también para este ejemplo de realización del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la invención están disponibles diversas variantes en el marco de la presente invención.

15 Por ultimo, hay que mencionar que de manera alternativa a los dispositivos de medición de la posición de luz incidente explicados anteriormente, evidentemente también se pueden configurar de acuerdo con la invención dispositivos de medición de la posición de luz transmitida. Así, por ejemplo, la disposición en el lado de exploración, formada por primeras estructuras de rejillas, una placa de reflector y segundas estructuras de rejilla, se puede utilizar también para desviar los haces de rayos parciales que proceden des la incorporación de medición de luz transmitida después de su primera pasada de nuevo de retorno hacia la incorporación de medición de luz transmitida, etc. La
20 unidad de exploración correspondiente debe rodear entonces de manera conocida la incorporación de medición en la periferia.

25

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Dispositivo de medición de la posición para la detección de la posición relativa de una unidad de exploración así como de una incorporación de medición móvil con relación a ella en al menos una dirección de medición, en el que la unidad de exploración comprende varias estructuras de rejilla así como al menos un elemento reflector, **caracterizado** porque
- 10 - los elementos están dispuestos en la unidad de exploración (20; 120) de tal manera que los haces de rayos difractados por la incorporación de medición (10; 110) se propagan en la dirección de la unidad de exploración (20; 120), donde dicho haces atraviesan estas primeras rejillas de exploración (24.1, 24.2; 124.1, 124.2), a continuación, inciden sobre el elemento reflector (26.1, 26.2; 126.1, 126.2), desde el que se realiza una retro-reflexión en la dirección de la incorporación de medición (10; 110) y los haces de rayos parciales atraviesan entonces segundas estructuras de rejillas (24.3, 24.4; 124.3, 124.4) y a continuación inciden de nuevo sobre la incorporación de medición (10; 110) y
- 15 - en el que las primeras y segundas estructuras de rejilla (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4) están configuradas de tal forma que durante la pasada respectiva de los haces de rayos parciales resulta una acción de la lente definida sobre los haces de rayos parciales y
- 20 - durante la pasada a través de las primeras estructuras de rejilla (24.1, 24.2; 124.1, 124.2) resulta como acción de la lente una acción de enfoque perpendicularmente a la dirección (x) hacia el elemento reflector (26.1, 26.2; 126.1, 126.2) y
- durante la pasada a través de las segundas estructuras de rejilla (24.3, 24.4; 124.3, 124.4) resulta como acción de la lente al menos una acción de colimación perpendicularmente a la dirección de medición (x).
- 25 2.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque las primeras y segundas estructuras de rejilla (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4) están configuradas de tal forma que
- 30 - durante la pasada a través de las primeras estructuras de rejilla (24.1, 24.2; 124.1, 124.2), como acción de la lente resulta, además, una acción de desviación, orientada antiparalela a la dirección de incidencia, en la dirección de medición (x) y
- durante la pasada a través de las segundas estructuras de rejilla (24.3, 24.4; 124.3, 124.4) resulta como acción de la lente, además, una acción de desviación en la dirección de medición (x).
- 35 3.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado** porque las primeras y segundas estructuras de rejilla (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4) están configuradas, además, de tal forma que a través de las acciones de desviación resultantes durante la primera y la segunda pasadas resulta un desplazamiento del rayo entre los puntos de incidencia de los haces de rayos parciales sobre las primeras y segundas estructuras de rejilla (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4).
- 40 4.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las primeras y segundas estructuras de rejilla (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4) están configuradas como rejillas de fases, que suprimen el orden de difracción 0.
- 45 5.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque las primeras y segundas estructuras de rejilla (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4) están configuradas como rejillas de fases marcadas.
- 50 6.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las primeras y segundas estructuras de rejilla (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4) presentan líneas de rejillas curvadas, que están dispuestas equidistantes en la dirección de medición (x).
- 55 7.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el al menos un elemento reflector (26.1, 26.2; 126.1, 126.2) está configurado como reflector de espejo plano.
- 60 8.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque el reflector de espejo plano está dispuesto en la unidad de exploración (20; 120) paralelamente a la incorporación de medición (10; 110).
- 9.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque la unidad de exploración comprende un sustrato de soporte transparente (40; 50), sobre cuyo lado dirigido hacia la incorporación de medición están dispuestas las primeras y segundas estructuras de rejillas (44.1, 44.2; 54.1, 54.2) y el reflector de espejo plano (46.1, 56.1) o bien
- está dispuesto sobre el lado opuesto al mismo del sustrato de soporte (40), estando orientado el lado reflectante

del reflector de espejo plano (46.1) en la dirección de la incorporación de medición o
 - está dispuesto sobre el mismo lado del sustrato de soporte (50), estando orientado el lado reflectante del reflector de espejo plano (56.1) alejado de la incorporación de medición.

5 10.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las primeras y segundas estructuras de rejilla (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4) están configuradas de tal forma que un haz de rayos parciales colimado, que incide por primera vez sobre la incorporación de medición (10; 110), se propaga después de la segunda incidencia sobre la incorporación de medición (10; 110) colimado en la dirección de la unidad de exploración (20; 120).

10 11.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las estructuras de rejillas (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4) poseen distancias focales, que corresponden a la distancia óptica entre las estructuras de rejillas (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4) y el elemento reflector (26.1, 26.2; 126.1, 126.2).

15 12.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 2 a 11, **caracterizado** porque la unidad de exploración (20) está configurada de tal forma que los haces de rayos emitidos por una fuente de luz (21)

20 - inciden una primera vez sobre la incorporación de medición (10), que está configurada como rejilla de difracción de luz incidente, donde tiene lugar una escisión en dos haces de rayos parciales retro-reflejados hacia la unidad de exploración (20), que corresponden a dos órdenes de difracción diferentes,

25 - los dos haces de rayos parciales retro-reflejados pasan entonces a través de las segundas estructuras de rejillas (24.3, 24.4) en la dirección de la incorporación de medición (10) y en este caso experimentan una acción de desviación en la dirección de medición (x) así como sólo una acción de colimación perpendicularmente a la dirección de medición (x),

30 - los dos haces de rayos parciales inciden entonces de nuevo sobre la incorporación de medición (10), donde resulta una nueva difracción y retro-reflexión de haces de rayos parciales en la dirección de exploración (20).

35 13.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 2 a 11, **caracterizado** porque la unidad de exploración (120) está configurada de tal forma que los haces de rayos emitidos por una fuente de luz (121)

40 - inciden una primera vez sobre la incorporación de medición (110), que está configurada como rejilla de difracción de luz incidente, donde tiene lugar una escisión en dos haces de rayos parciales retro-reflejados hacia la unidad de exploración (120), que corresponden a dos órdenes de difracción diferentes,

45 - los dos haces de rayos parciales retro-reflejados en la unidad de exploración pasan por dos primeras estructuras de rejillas (124.1, 124.2) en la dirección de dos elementos reflectores (126.1, 126.2) y en este caso experimentan una acción de desviación orientada antiparalela a la dirección de incidencia así como una acción de enfoque tanto en la dirección de medición (x) como también perpendicularmente a la dirección de medición (x),

50 - los haces de rayos parciales desviados y enfocados de esta manera inciden entonces sobre los elementos de reflector (126.1, 126.2) y experimentan una retro-reflexión en la dirección de la incorporación de medición (110),

55 - los dos haces de rayos parciales retro-reflejados pasan entonces por las dos segundas estructuras de rejillas (124.3, 124.4) en la dirección de la incorporación de medición (110) y en este caso experimentan una acción de desviación en la dirección de medición así como una acción de colimación en la dirección de medición (x) como también perpendicularmente a la dirección de medición (x),

60 - los dos haces de rayos parciales inciden entonces de nuevo sobre la incorporación de medición (110), donde resulta una difracción y una retro-flexión nuevas de haces de rayos parciales en la dirección de la unidad de exploración (120).

14.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado** porque después de la segunda retro-flexión desde la incorporación de medición (10; 110), los haces de rayos parciales retro-reflejados perpendicularmente en la dirección de la unidad de exploración (20; 120) inciden superpuestos sobre una rejilla de escisión (32; 132), donde se realiza una escisión en varias direcciones espaciales y los haces de rayos parciales escindidos en las diferentes direcciones inciden sobre varios detectores (29.1, 29.2, 29.3; 129.1, 129.2, 129.3) de una disposición de detector opto electrónico, donde en el caso del movimiento relativo de la unidad de exploración (20; 120) y de la incorporación de medición (10; 110) resulta, respectivamente, una señal de exploración modulada en función del desplazamiento.

15.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 14, **caracterizado** porque o bien entre los elementos reflectores (26.1, 26.2; 126.1, 126.2) y las segundas estructuras de rejillas (24.3, 24.4; 124.3, 124.4) o entre las segundas estructuras de rejillas (24.3, 24.4; 124.3, 124.4) y la incorporación de medición (10; 110) están dispuestos elementos ópticos de polarización (31.1, 31.2; 131.1, 131.2) en la trayectoria de los rayos, que recorren

los haces de rayos parciales después de la retro-reflexión en el elemento reflector (26.1, 26.2; 126.1, 126.2) y transforman los haces de rayos parciales polarizados linealmente en haces de rayos parciales polarizados circularmente.

5 16.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 12 ó 13, **caracterizado** porque

- o bien las constantes medias de las rejillas de las dos primeras y de las dos segundas estructuras de rejillas (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4) están seleccionadas diferentes en una medida reducida de la constante de la rejilla de la incorporación de medición (10; 110) o

10 - los trazos de las rejillas de las dos primeras y de las dos segundas estructuras de rejillas (24.1, 24.2, 24.3, 24.4; 124.1, 124.2; 124.3, 124.4) están dispuestas bajo un ángulo diferente de 0° con respecto a los trazos de las rejillas de la incorporación de medición (10; 110).

15 17.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 12 ó 13, **caracterizado** porque en la trayectoria de los rayos está prevista una zona de ventana (28.3) activa ópticamente, que atraviesan los haces de rayos emitidos por la fuente de luz (21) antes de la primera incidencia sobre la incorporación de medición (110), de manera que en la zona de ventana (28.3) activa ópticamente está dispuesta una rejilla de desviación, cuyos trazos de la rejilla se extienden paralelos a la dirección de medición (x).

20

25

FIG. 1

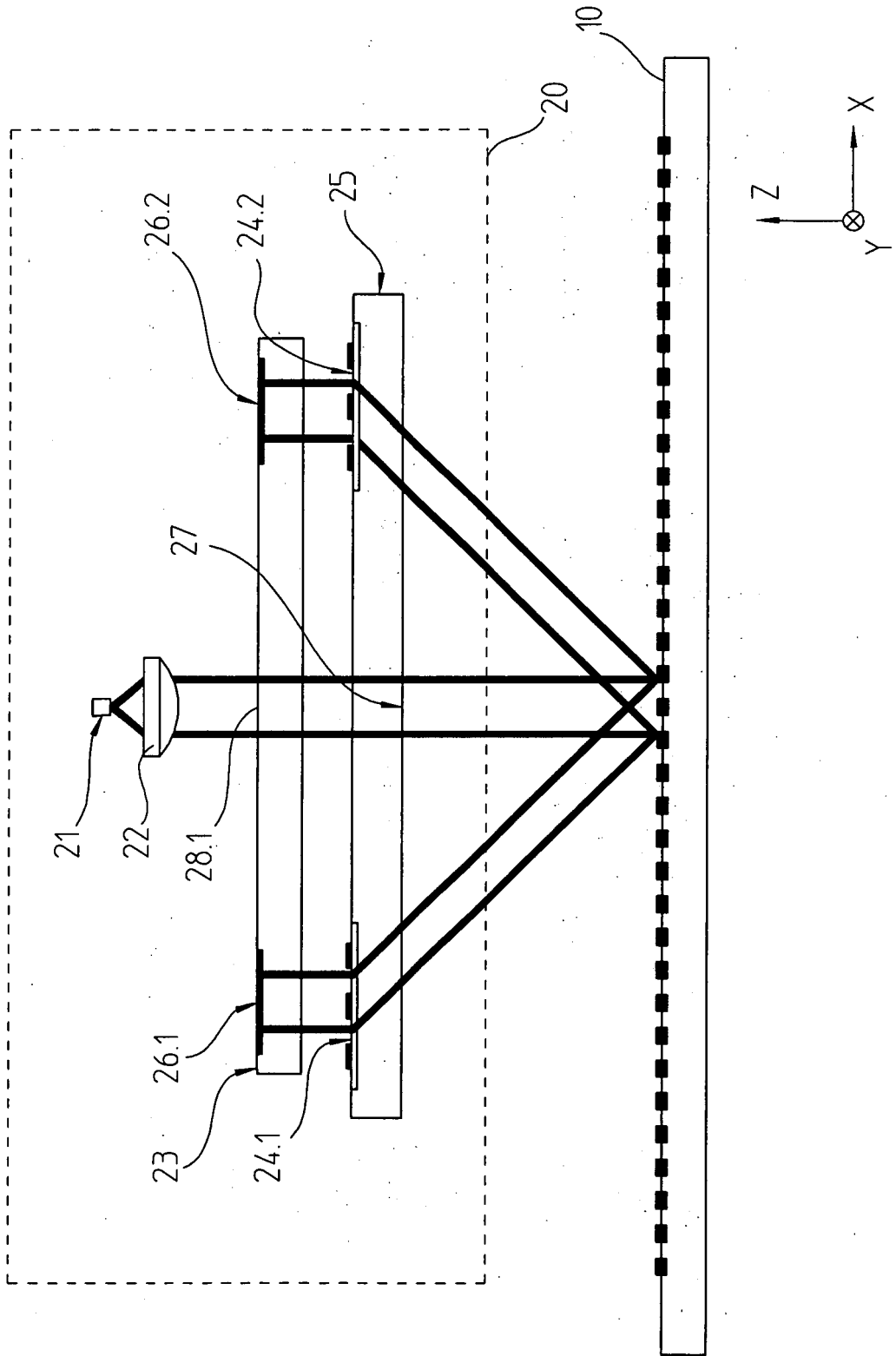


FIG. 2

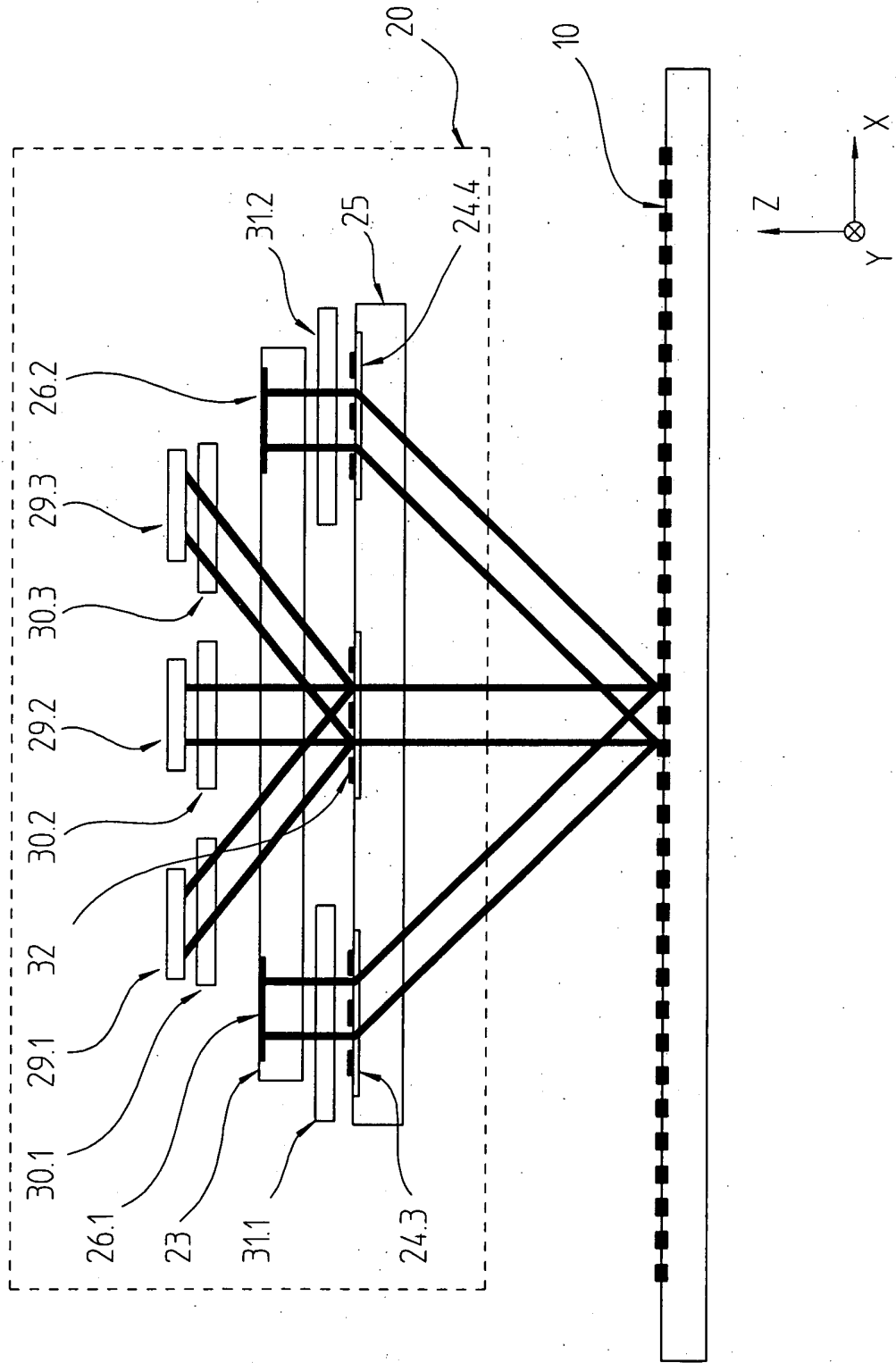


FIG. 3

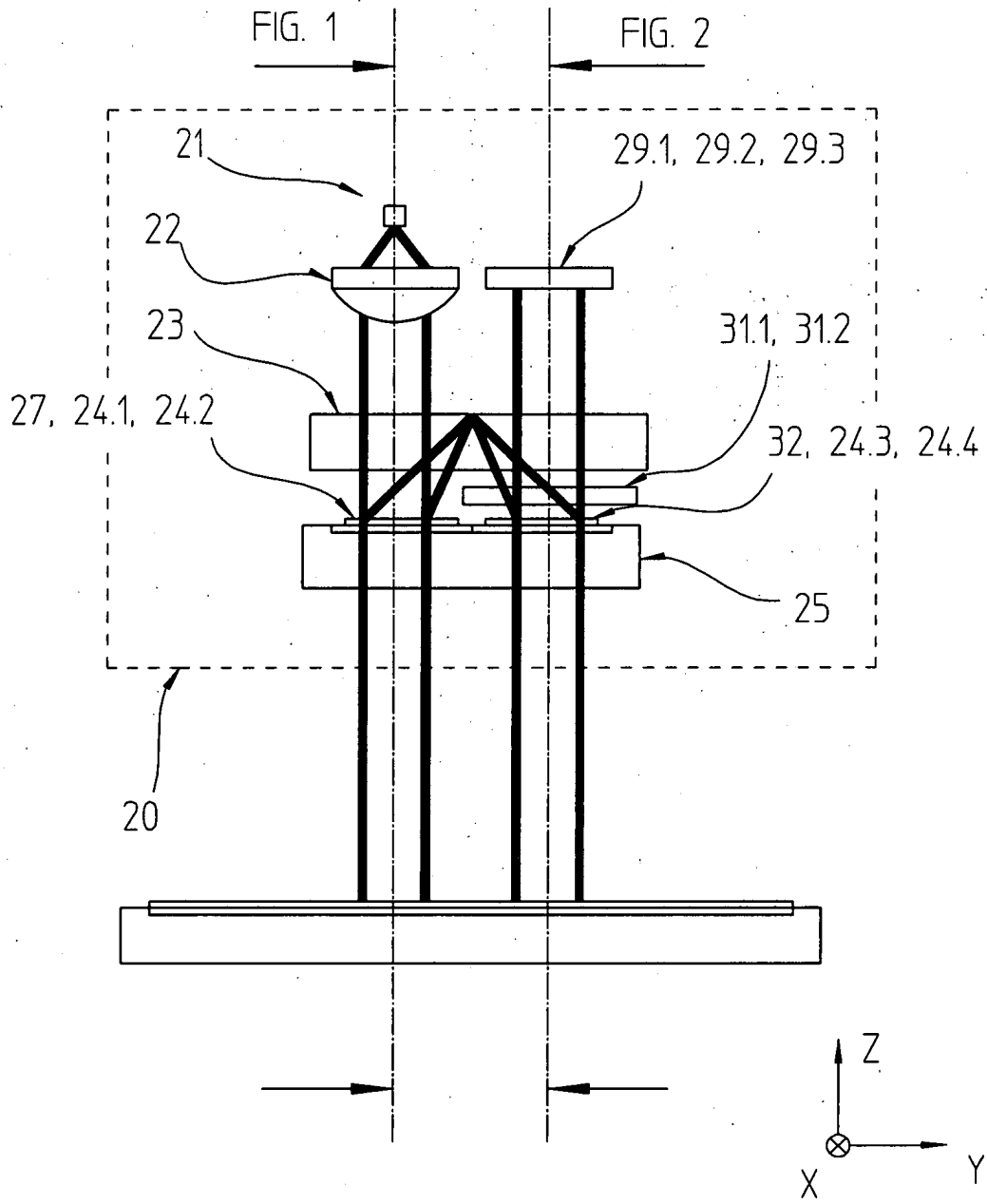


FIG. 4

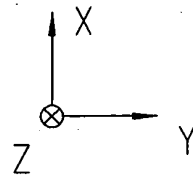
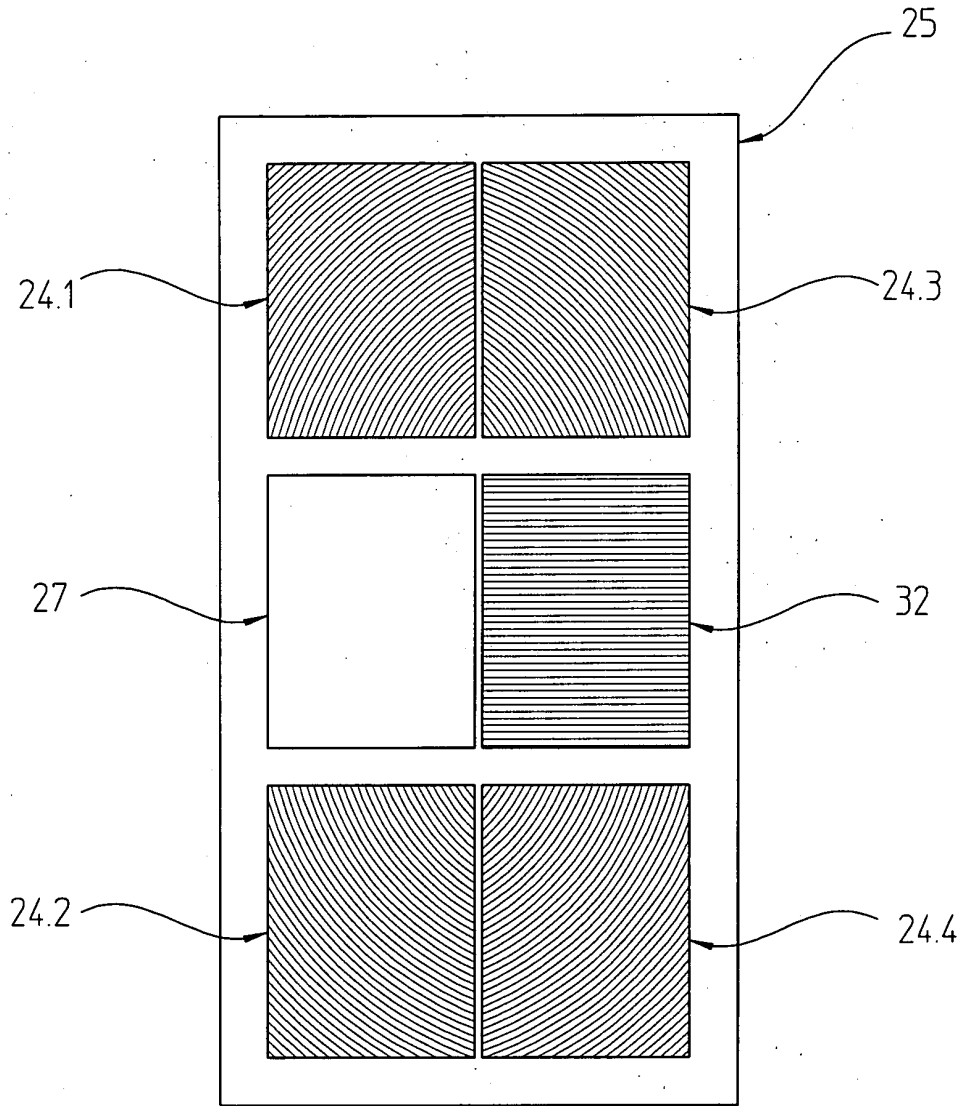


FIG. 5

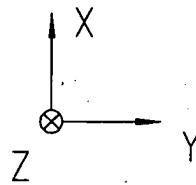
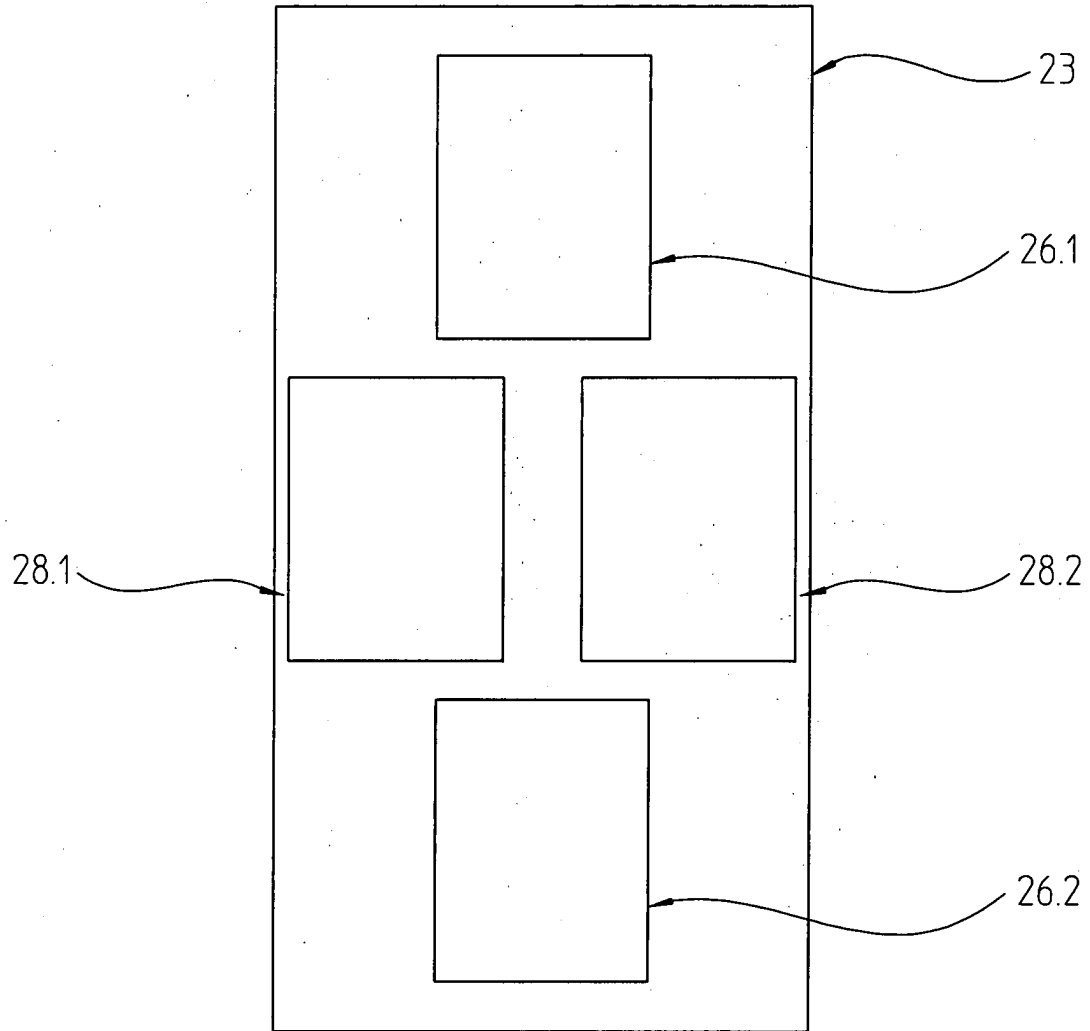


FIG. 6a

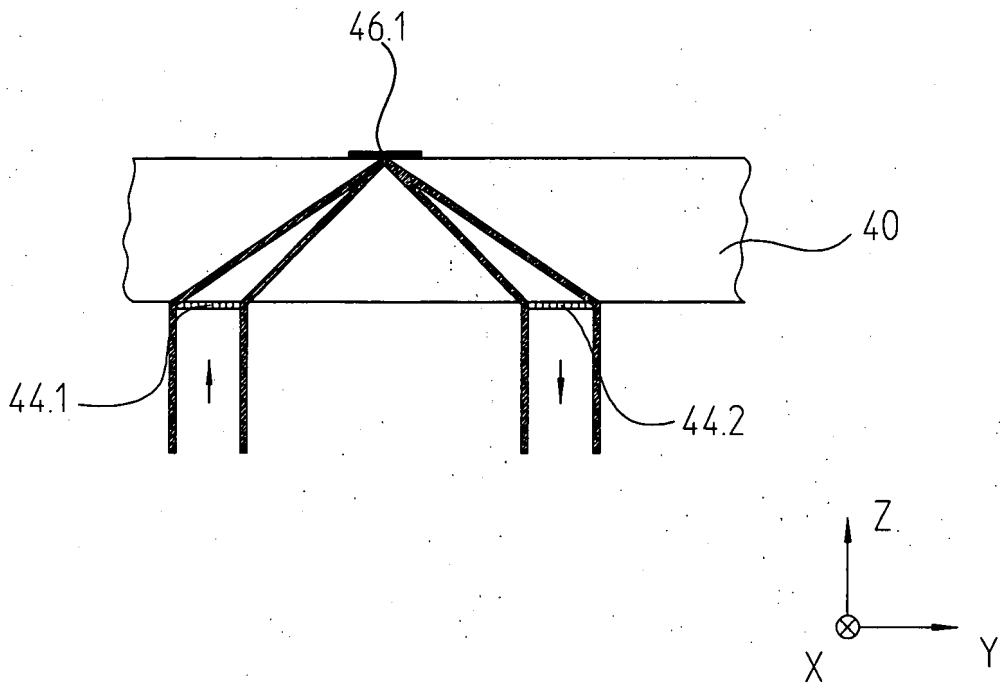


FIG. 6b

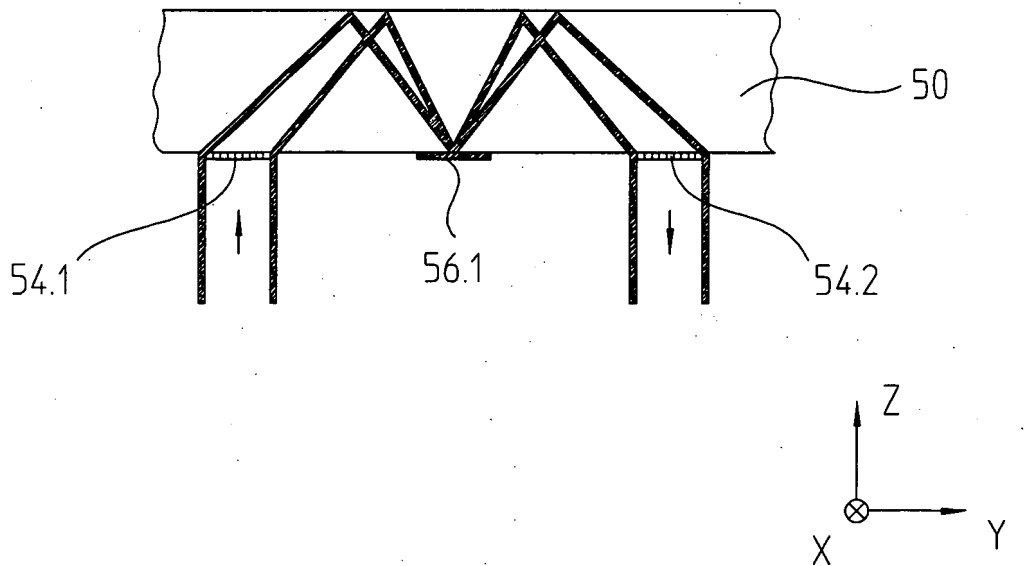


FIG. 7

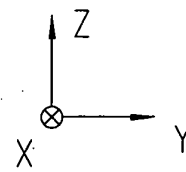
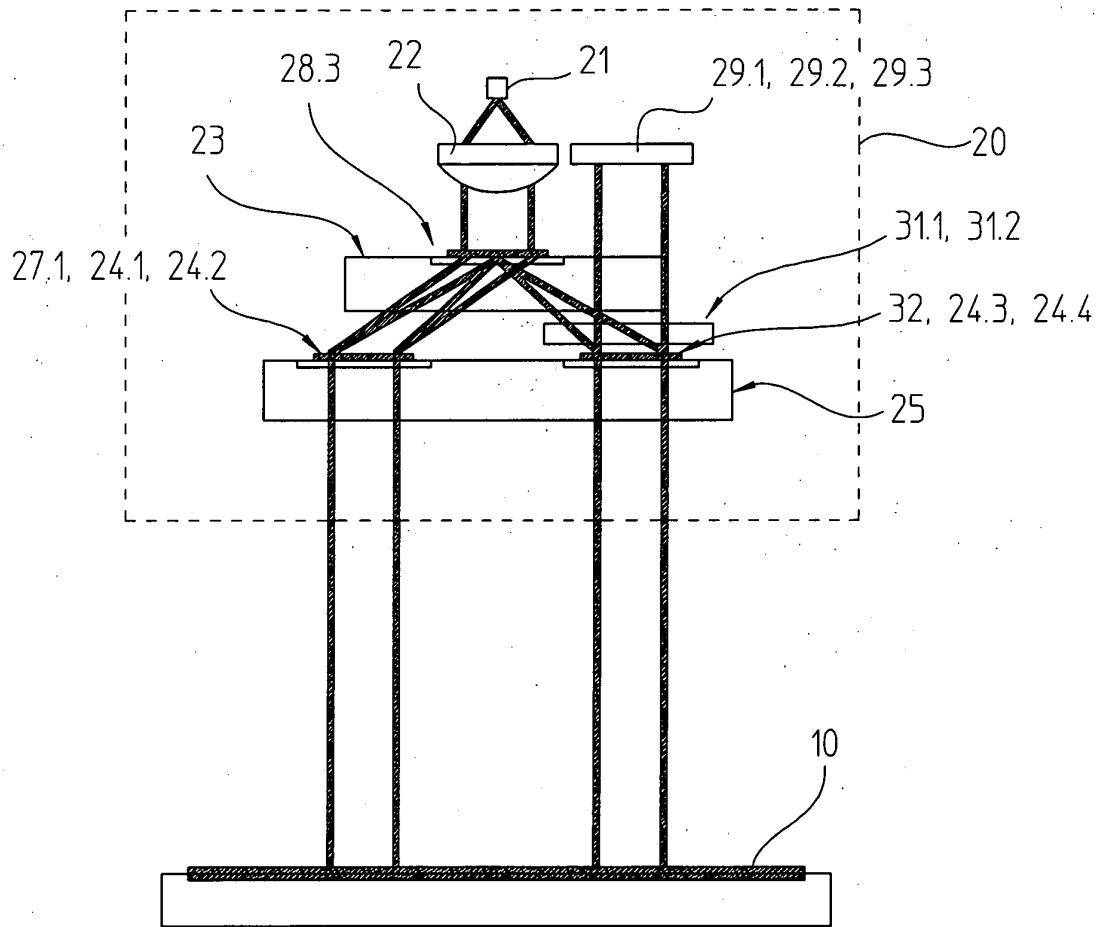


FIG. 8

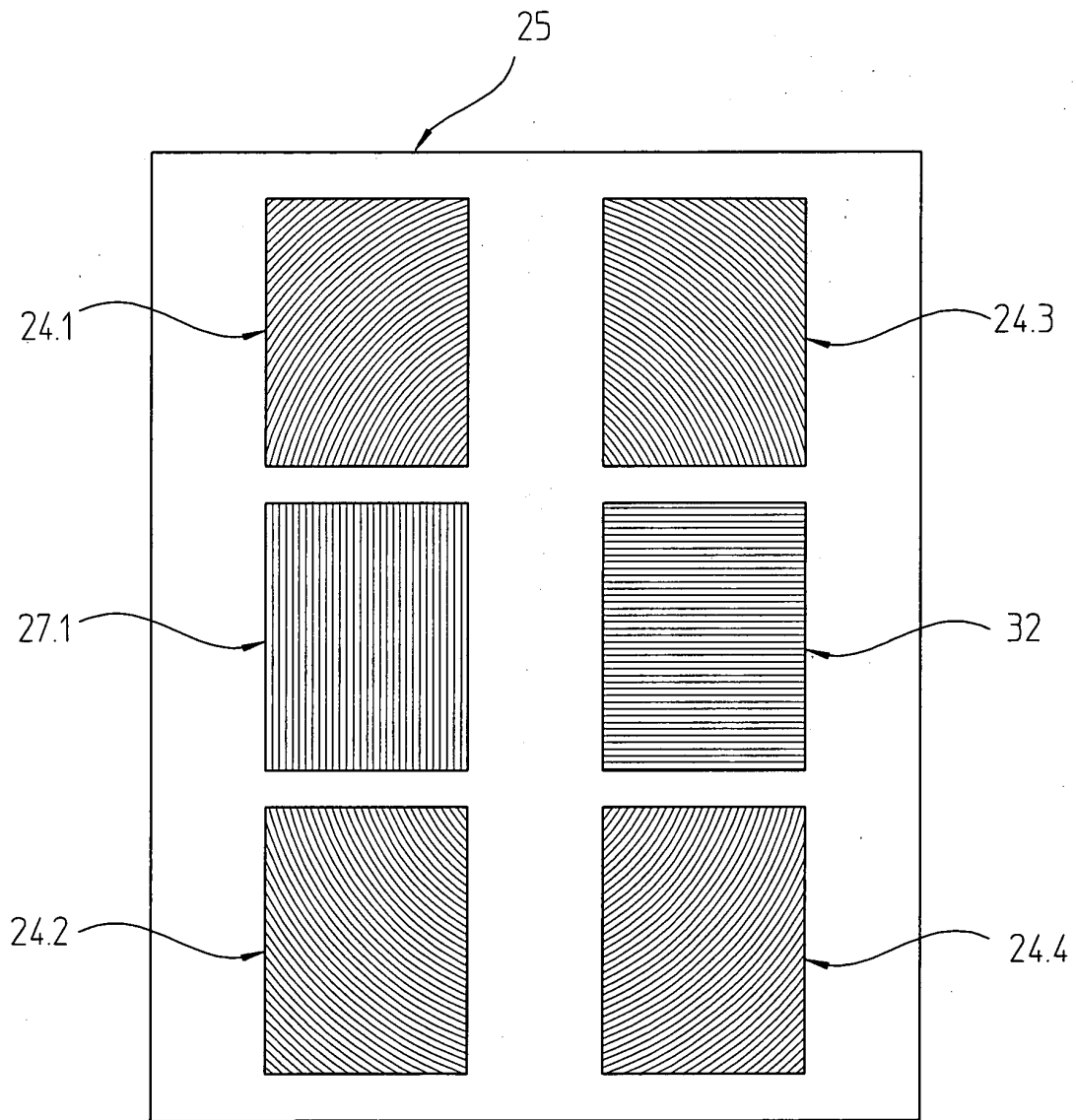


FIG. 9

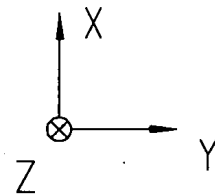
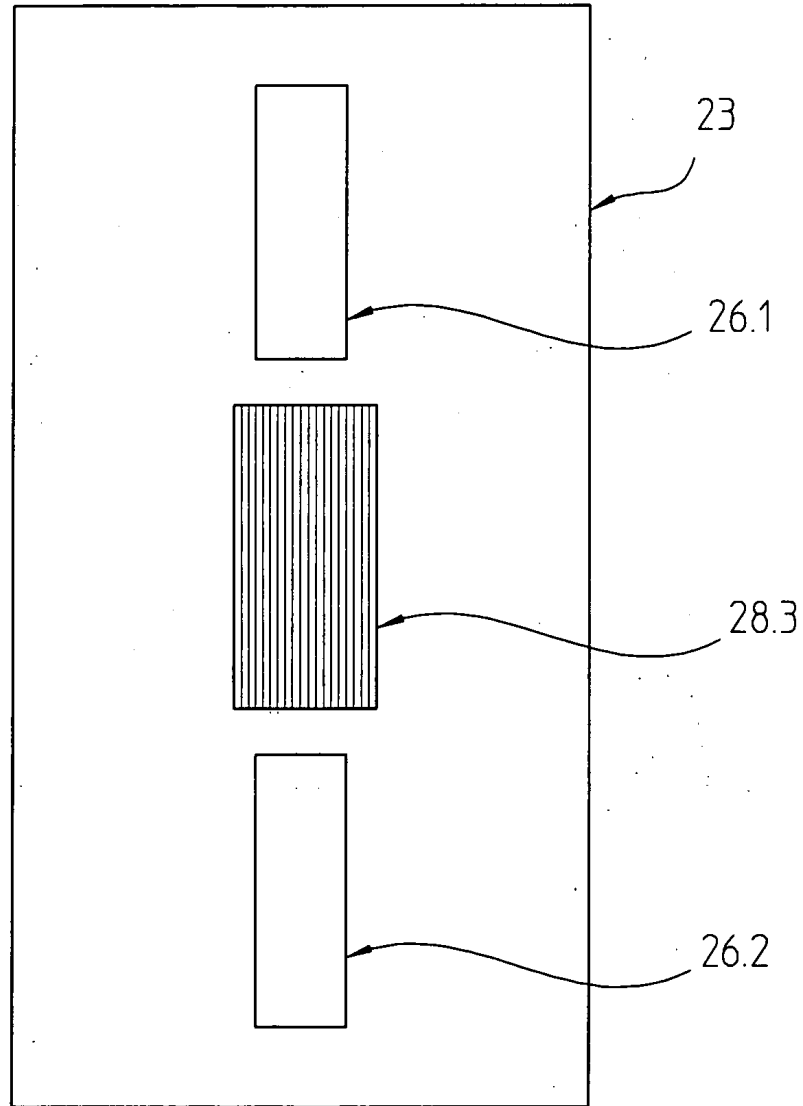


FIG. 10

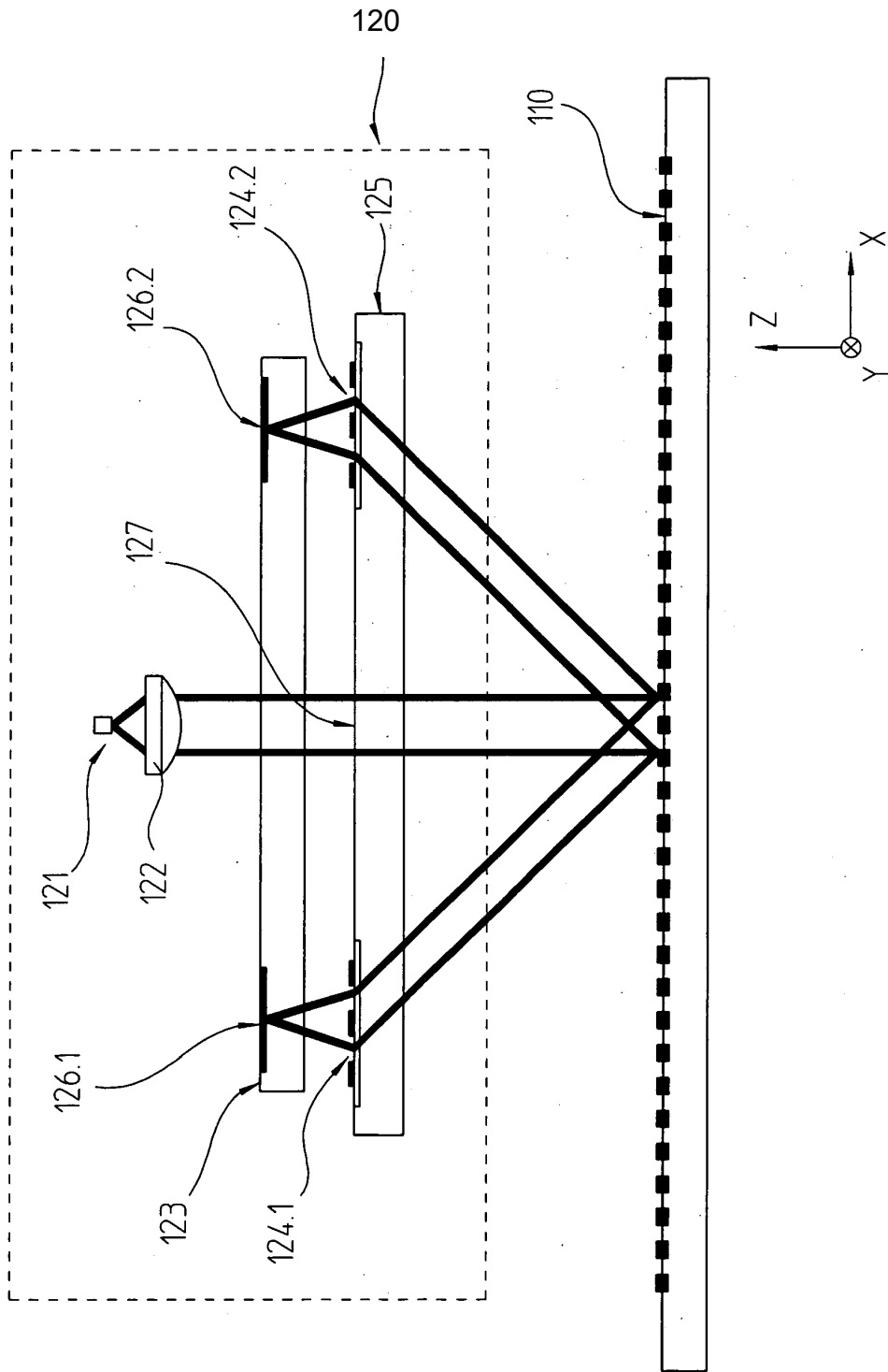


FIG. 11

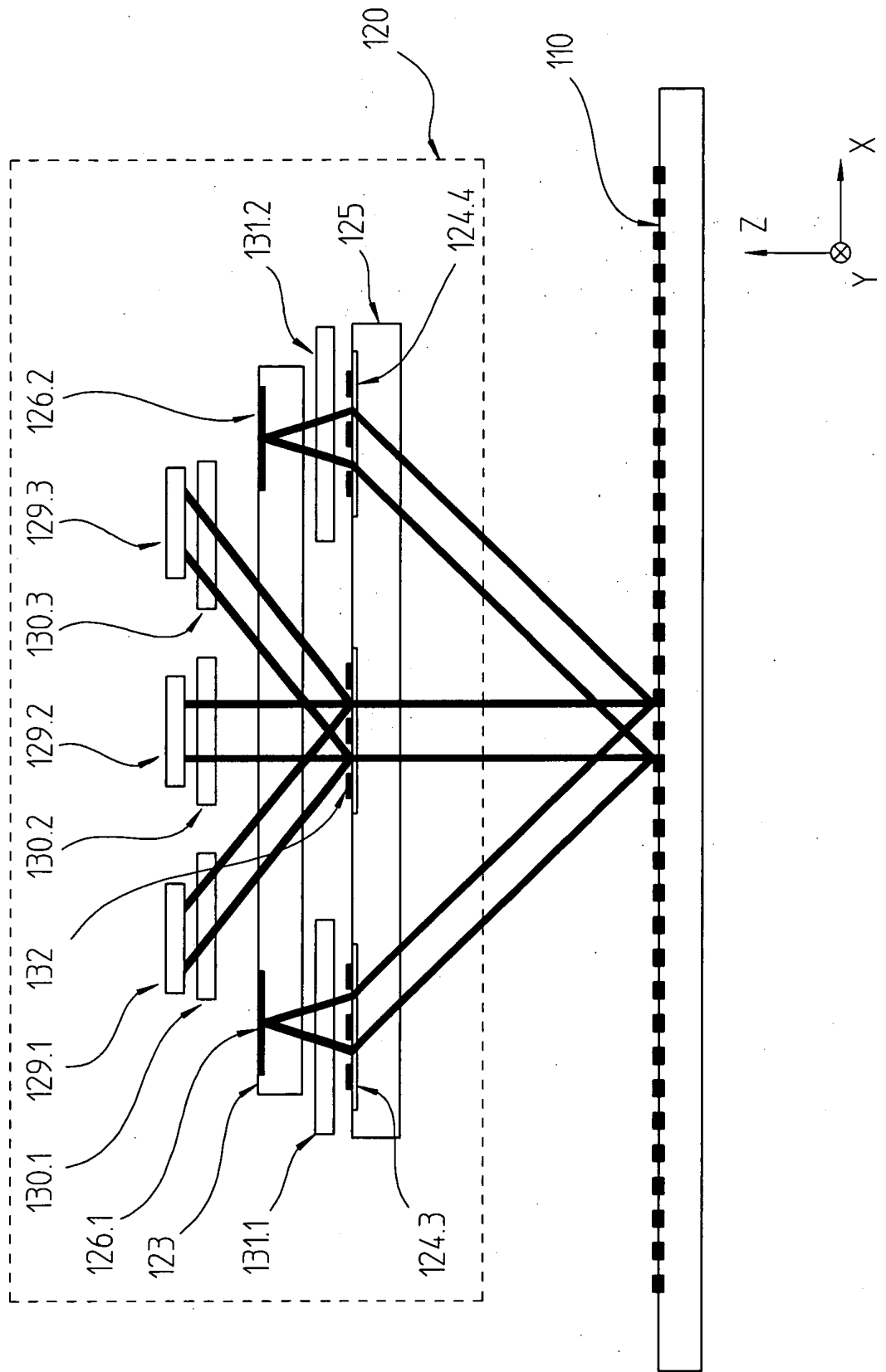


FIG. 12

