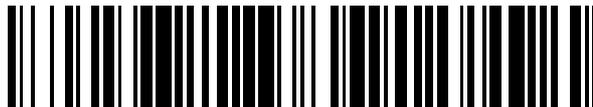


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 661**

51 Int. Cl.:

G01B 9/02 (2006.01)

G01B 11/06 (2006.01)

G01N 21/95 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2005 E 05763993 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2013 EP 1805476**

54 Título: **Interferómetro con una disposición especular para medir un objeto de medición**

30 Prioridad:

22.09.2004 DE 102004045806

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

20.03.2013

73 Titular/es:

**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)
POSTFACH 30 02 20
70442 STUTTGART, DE**

72 Inventor/es:

STRÄHLE, JOCHEN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 398 661 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

Interferómetro con una disposición especular para medir un objeto de medición

Estado de la técnica

5 La invención se refiere a un dispositivo de medición interferométrico con una disposición especular para medir un objeto de medición, en especial para medir el grosor del objeto de medición.

10 Los sistemas interferométricos son adecuados entre otras cosas para análisis sin contacto de superficies de diferentes objetos a medir. Para detectar el contorno superficial de un objeto a analizar, un haz de objeto procedente de una fuente luminosa del interferómetro incide en la superficie sobre la región a medir. El haz de objeto reflejado por la superficie se alimenta a un detector del interferómetro y forma, junto con un haz de referencia, un modelo de interferencia desde el cual puede derivarse la diferencia longitudinal de recorrido de los dos haces. Esta diferencia longitudinal de recorrido de los dos haces se corresponde con la variación topográfica de la superficie.

15 En especial con un interferómetro de luz blanca, en el que la fuente luminosa emite una radiación de baja coherencia, también es posible escanear el objeto de medición mediante exploración de profundidad. Como se explica con ello por ejemplo en el documento EP 16 34 035, la radiación de baja coherencia se divide a través de un divisor de haz en un haz de objeto y en un haz de referencia. La superficie de objeto de medición se reproduce en un captador de imágenes, por ejemplo en una cámara CCD (cámara de "charge-coupled device") y se superpone a la onda de referencia formada por el haz de referencia. La exploración de profundidad puede llevarse a cabo mediante el movimiento de un espejo de referencia que refleja el haz de referencia o del objetivo con relación al dispositivo de medición. Durante el movimiento del objeto el plano de imagen del objeto y el plano de referencia están en el mismo plano. Durante la exploración de profundidad el objeto permanece rígido en el campo de visión de la cámara CCD, y el objeto sólo se mueve en el eje de profundidad con relación al plano de referencia. De este modo pueden realizarse mediciones de superficies técnicas con una resolución de profundidad en un margen de unos pocos nanómetros. Pueden encontrarse también fundamentos técnicos sobre este procedimiento de medición en la aportación "Three-dimensional sensing of rough surfaces by coherence radar" (T. Dresel, G. Häusler, H. Venzke, Appl. Opt. 31 (7), páginas 919-925, 1992).

20 Con frecuencia es deseable no reproducir solamente una página del objeto de medición. En la práctica, por ejemplo para determinar el grosor de un objeto de medición como el grosor de un disco, se miden con haces de objeto ambos lados de un disco mediante una disposición especular en un objetivo especial. Para esto se dirigen mediante dos espejos desviadores los haces de objeto perpendicularmente sobre los dos lados del disco. Los haces reflejados por los lados del disco se alimentan al captador de imágenes y, junto con los haces de referencia, se utilizan para registrar los llamados correlogramas y por último se valoran para obtener los datos de altura. Como ya se ha explicado anteriormente, durante la medición se lleva a cabo un escaneado de profundidad o, con otras palabras, se recorren los lados a medir del objeto de medición mediante el plano focal de la cámara. Alternativamente es también posible variar el plano focal de la cámara mediante lentes o sistemas lenticulares controlables eléctricamente.

35 De "Interferometer measures both sides of disk", Laser Focus World, septiembre de 1997, páginas 52, 53 se conoce un interferómetro, en donde el objeto de medición se ilumina a través de dos espejos desviadores desde dos lados.

40 Un inconveniente de la disposición especular descrita es, sin embargo, que no puede controlarse la posición relativa del objeto de medición con relación a los dos espejos desviadores. Un posicionamiento óptimo del objeto de medición se obtiene cuando ambos haces, que se dirigen sobre el primer o el segundo lado del objeto de medición y se reflejan desde allí, se alimentan al captador de imágenes y, con ello, cubren un recorrido luminoso de la misma longitud. Para esto el objeto de medición debe posicionarse exactamente en el centro entre los dos espejos desviadores. Si el objeto de medición está posicionado de forma decalada a causa de la falta de posibilidad de control, es decir, los recorridos luminosos de ambos haces tienen diferente longitud, de ello resulta una mayor duración de medición en comparación con un posicionamiento óptimo.

45 En el caso de un posicionamiento erróneo de aproximadamente $20\ \mu\text{m}$ del objeto de medición es necesario cubrir un recorrido de escaneado adicional de $2 \times 20\ \mu\text{m} = 40\ \mu\text{m}$. Una velocidad de medición normal en el caso de interferómetros escaneadores es aproximadamente de $5\ \mu\text{m/s}$. De aquí resulta un tiempo de medición adicional de 8 segundos. Este valor de tiempo no aceptable en la fabricación industrial, en el caso de comprobaciones de todos los objetos de medición con cadencias inferiores a unos pocos segundos.

50 Ventajas de la invención

El dispositivo de medición interferométrico conforme a la invención con las particularidades indicadas en la reivindicación 1 tiene la ventaja, con respecto al estado de la técnica, de que se hace posible una comprobación de la posición relativa del objeto de medición con relación a los espejos desviadores. Por medio de esto puede

optimizarse en un paso siguiente el posicionamiento relativo de los componentes importantes, con lo que se consigue una medición más rápida. La duración de medición se acorta notablemente. Sin embargo, de forma ventajosa puede prescindirse de un segundo captador de imágenes.

5 Se indican perfeccionamientos ventajosos del dispositivo de medición interferométrico en las reivindicaciones subordinadas y se describen en el dibujo.

Dibujo

Se explican con más detalle ejemplos de ejecución de la invención con base en el dibujo y en la siguiente descripción. Aquí muestran:

la figura 1 una disposición de los componentes ópticos de un interferómetro en una vista en planta,

10 la figura 2 una disposición de los componentes ópticos de un objetivo especial en una vista en planta,

la figura 3 una disposición especular en el objetivo especial según el estado de la técnica, en una vista en perspectiva,

la figura 4 una disposición especular conforme a la invención en el objetivo especial, en una vista en perspectiva,

15 la figura 5 imágenes del objeto de medición captadas en el captador de imágenes desde diferentes lados, en el caso de un posicionamiento no óptimo, y

la figura 6 imágenes del objeto de medición captadas en el captador de imágenes desde diferentes lados, en el caso de un posicionamiento óptimo.

Descripción de los ejemplos de ejecución

20 La figura 1 muestra en una vista en planta una estructura básica con los componentes ópticos de un dispositivo de medición interferométrico 1 según Michelson. Aquí se aplica como método de medición la interferometría de luz blanca (interferometría de baja coherencia), por lo que la fuente luminosa 10 emite una radiación de baja coherencia. La luz se divide a través de un divisor de haz 15 en un haz de referencia 20 y en un haz de objeto 25. El haz de referencia 20 se refleja asimismo en un espejo de referencia 30 dispuesto en el recorrido luminoso de referencia 35 y llega de nuevo, a través del divisor de haz 15, a un captador de imágenes 55. Allí se superponen las ondas luminosas de los haces de referencia 20 a las ondas luminosas de los haces de objeto 25, que por su lado se han desviado sobre un objeto de medición 5 a través de un objetivo especial 45, dispuesto en el recorrido luminoso de objeto 50, y se han reflejado en el mismo.

30 El objetivo especial 45 representado en la figura 2 con sus componentes es responsable, con su disposición especular 40, de una radiación y con ello de una reproducción del objeto de medición 5 desde dos direcciones contrapuestas. Por medio de esto puede determinarse por ejemplo el grosor de un objeto de medición 5, como el grosor de un disco. La disposición especular 40 del objetivo especial 45 presenta al menos un primer 60 y un segundo espejo desviador 65, en donde estos están dispuestos de tal modo que los haces de objeto 25 que inciden sobre el primer 60 o el segundo espejo desviador 65 se dirigen sobre un primer 70 o un segundo lado 75 paralelo a éste del objeto de medición 5 a medir, en una primera 80 o segunda trayectoria de radiación 85 antiparalela a ésta.

35 Los haces de objeto 25 inciden normalmente en perpendicular sobre el primer 70 o el segundo lado 75 del disco. La figura 3 muestra para mayor claridad la disposición de ambos espejos desviadores 60, 65 con el disco a medir en una vista en perspectiva. El objetivo especial 45, respectivamente la disposición especular 40, aunque puede presentar otros componentes ópticos como una lente 66, un prisma 68 u otros elementos especulares 67, 69 que dividen los haces de objeto 25 y los dirigen convenientemente sobre los dos espejos desviadores 60, 65, con estos elementos prismáticos 68 y especulares 67, 69 no es posible comprobar la posición relativa del disco con relación a los espejos desviadores 60, 65. La ejecución descrita hasta ahora del dispositivo de medición se conoce de la práctica.

45 Conforme a la invención está ahora previsto que la disposición especular 40, representada como en la figura 4 en una vista en perspectiva, presente adicionalmente al menos un primer espejo posicionador 70 para reproducir la posición del objeto de medición 5 a medir con relación al primer 60 y/o al segundo espejo desviador 65. El primer espejo posicionador 70 está dispuesto de tal modo que los haces de objeto 25 que inciden sobre el espejo posicionador 70 se dirigen hacia un tercer lado 90 del objeto de medición 5 a medir, situado en ángulo recto respecto al primer 70 y al segundo lado 75, en una tercera trayectoria de haz 95. El tercer lado 90 del objeto de medición 5 a medir es por ejemplo el lado de arista estrecho de un disco. Con ello forman las trayectorias de haz antiparalelas 80, 85 procedentes de los espejos desviadores primero y segundo 60, 65 con la tercera trayectoria de haz 95 un ángulo 100 superior a 0° e inferior a 180°, es decir, las direcciones de las trayectorias de haz antiparalelas 80, 85 y de la

tercera trayectoria de haz 95 no son ni paralelas ni antiparalelas. El ángulo 100 es de forma preferida exactamente de 90°, es decir, se presenta un ángulo recto.

5 Asimismo la disposición especular 40 puede presentar un segundo espejo posicionador 105, el cual está dispuesto de tal modo que los haces de objeto 25 que inciden sobre el segundo espejo posicionador 105 se dirigen sobre un cuarto lado 110 del objeto de medición 5 a medir, paralelo al tercero 90, en una cuarta trayectoria de haz 115. De forma preferida la cuarta trayectoria de haz 115 discurre exactamente en antiparalelo a la tercera trayectoria de haz 90.

10 Los haces de objeto 25 en la primera 80, en la segunda 85, en la tercera 90 y a elección en la cuarta trayectoria de haz 115 inciden desde cuatro direcciones sobre cuatro lados diferentes 70, 75, 90, 110 del objeto de medición 5, se reflejan desde allí y se alimentan al captador de imágenes 55. Estos haces de objeto 25 incidentes se superponen en cada caso con los haces de referencia 20 anteriormente descritos. El captador de imágenes 55 es por ejemplo una cámara, en especial una cámara CCD o CMOS (cámara "complementary metal oxide semiconductor"), que está unida a un aparato de edición de imágenes 120 como se ha representado en la figura 5. Mediante el aparato de edición de imágenes 120 pueden representarse así captaciones del objeto de medición 5 desde diferentes direcciones de observación. En el primer corte de imagen 125 puede verse la captación del primer lado 70 del objeto de medición 5, mientras que en el segundo corte de imagen 130 se ha representado la captación del segundo lado 75 del objeto de medición 5. Además de esto está previsto un tercer corte de imagen 135, en el que puede verse el tercer lado 90 del objeto de medición 5. Con el tercer corte de imagen 135 puede comprobarse la posición relativa del objeto de medición 5 con relación a los dos espejos desviadores 60, 65. En la figura 5 puede verse el caso de un posicionamiento no óptimo. Una determinación exacta del posicionamiento relativo del objeto de medición 5 se lleva a cabo mediante el captador de imágenes 55, ya que de forma preferida el captador de imágenes 55 es una cámara con un software de valoración para determinar la posición del objeto de medición 5.

25 Con la determinación de posición del objeto de medición 5 puede llevarse ahora a cabo una corrección de posición. Básicamente es necesario adaptar el recorrido óptico entre el objeto de medición 5 y el captador de imágenes 55, es decir, el objeto de medición 5 se desplaza con relación al sistema óptico. El propio dispositivo de medición 1 presenta idealmente una unidad de corrección para adaptar el recorrido óptico entre el objeto de medición 5 y el captador de imágenes 55. La unidad de corrección puede componerse con ello de al menos una mesa de traslación, piezoelemento, elemento ópticamente activo o de una combinación de estos. Como puede reconocerse en la figura 6, después de una corrección de posición automática con éxito sobre el tercer corte de imagen 135 del aparato de edición de imágenes 120 puede determinarse la posición correspondiente del objeto de medición 5. Por lo demás puede reproducirse la posición del objeto de medición 5 por completo, parcialmente o distorsionada con los espejos desviadores 60, 65. De este modo es por ejemplo suficiente si sólo se reproduce la distancia entre el primer lado 70 del objeto de medición 5 y el primer espejo desviador 60, ya que se conoce la distancia entre los dos espejos desviadores 60, 65. Al mismo tiempo, en el caso de un posicionamiento óptimo del objeto de medición 5, ambos lados 70, 75 del objeto de medición 5 están reproducidos nítidamente en el primer 125 y en el segundo corte de imagen 130. El verdadero escaneado del objeto de medición 5 puede llevarse a cabo a continuación. El acortamiento del tiempo de medición conseguido mediante la invención se ha confirmado en la práctica.

REIVINDICACIÓN

- 5

1. Dispositivo de medición interferométrico (1) para medir un objeto de medición (5), en especial para medir el grosor del objeto de medición (5), con una fuente luminosa (10), un divisor de haz (15) para formar haces de referencia (20) y haces de objeto (25), un espejo de referencia (30) en el recorrido luminoso de referencia (35), un objetivo especial (45) que presenta una disposición especular (40) en el recorrido luminoso de objeto (50) y un captador de imágenes (55), en donde la disposición especular (40) se compone de al menos un primer (60) y de un segundo espejo desviador (65) y estos están dispuestos de tal modo, que en uso los haces de objeto (25) que inciden sobre el primer (60) o sobre el segundo espejo desviador (65) están dirigidos sobre un primer (70) o un segundo lado (75) paralelo al mismo del objeto de medición (5) a medir, en una primera (80) o en una segunda trayectoria de haz (85) antiparalela respecto a la misma, caracterizado porque la disposición especular (40) presenta adicionalmente al menos un primer espejo posicionador (70) para reproducir la posición del objeto de medición (5) a medir con relación al primer (60) y/o al segundo espejo desviador (65).
- 15

2. Dispositivo de medición interferométrico (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el primer espejo posicionador (70) está dispuesto de tal modo que los haces de objeto (25) que inciden sobre el espejo posicionador (70) se dirigen hacia un tercer lado (90) del objeto de medición (5) a medir, situado en ángulo recto respecto al primer (70) y al segundo lado (75), en una tercera trayectoria de haz (95).
- 20

3. Dispositivo de medición interferométrico (1) según la reivindicación 2, caracterizado porque las trayectorias de haz antiparalelas (80, 85) forman con la tercera trayectoria de haz (95) un ángulo 100 superior a 0° e inferior a 180°.
4. Dispositivo de medición interferométrico (1) según la reivindicación 3, caracterizado porque el ángulo (100) es un ángulo recto.
- 25

5. Dispositivo de medición interferométrico (1) según una de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque la disposición especular (40) presenta un segundo espejo posicionador (105) y éste está dispuesto de tal modo que los haces de objeto (25) que inciden sobre el segundo espejo posicionador (105) se dirigen sobre un cuarto lado (110) del objeto de medición (5) a medir, paralelo al tercero (90), en una cuarta trayectoria de haz (115).
- 30

6. Dispositivo de medición interferométrico (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el captador de imágenes (55) es una cámara con un software de valoración para determinar la posición del objeto de medición (5).
7. Dispositivo de medición interferométrico (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el dispositivo de medición (1) presenta una unidad de corrección para adaptar el recorrido óptico entre el objeto de medición (5) y el captador de imágenes (55).
- 35

8. Dispositivo de medición interferométrico (1) según la reivindicación 7, caracterizado porque la unidad de corrección se compone de al menos una mesa de traslación, piezoelemento, elemento ópticamente activo o de una combinación de estos.

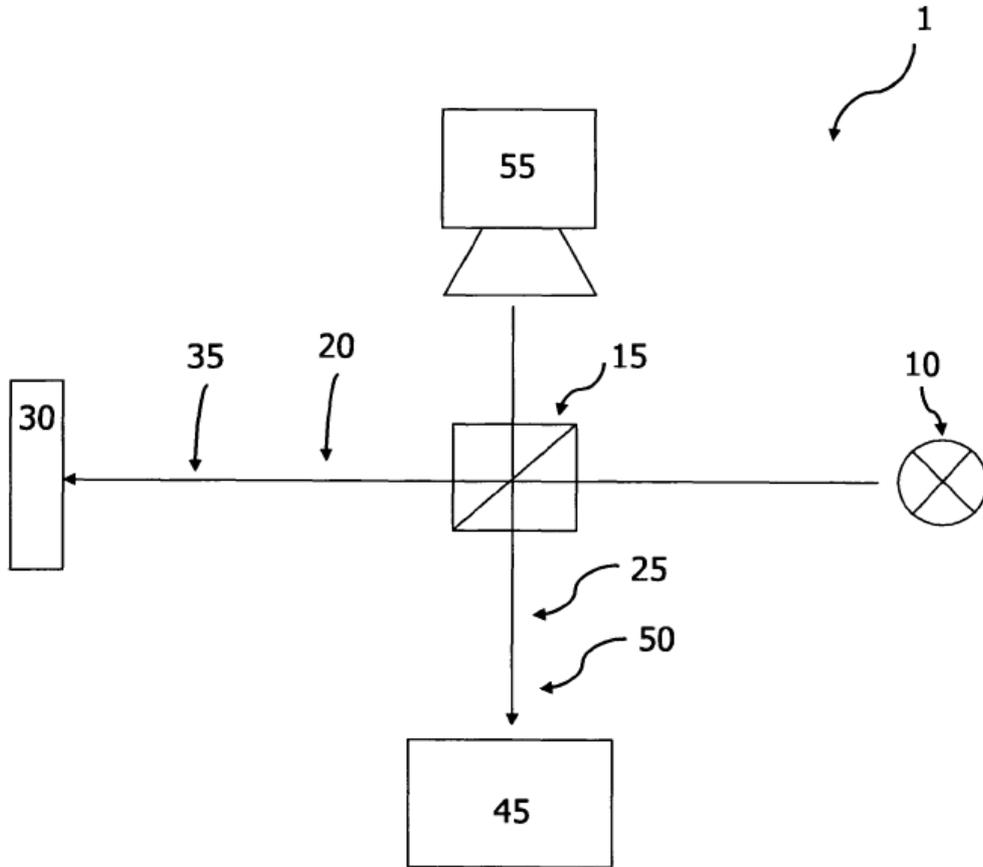


Fig. 1

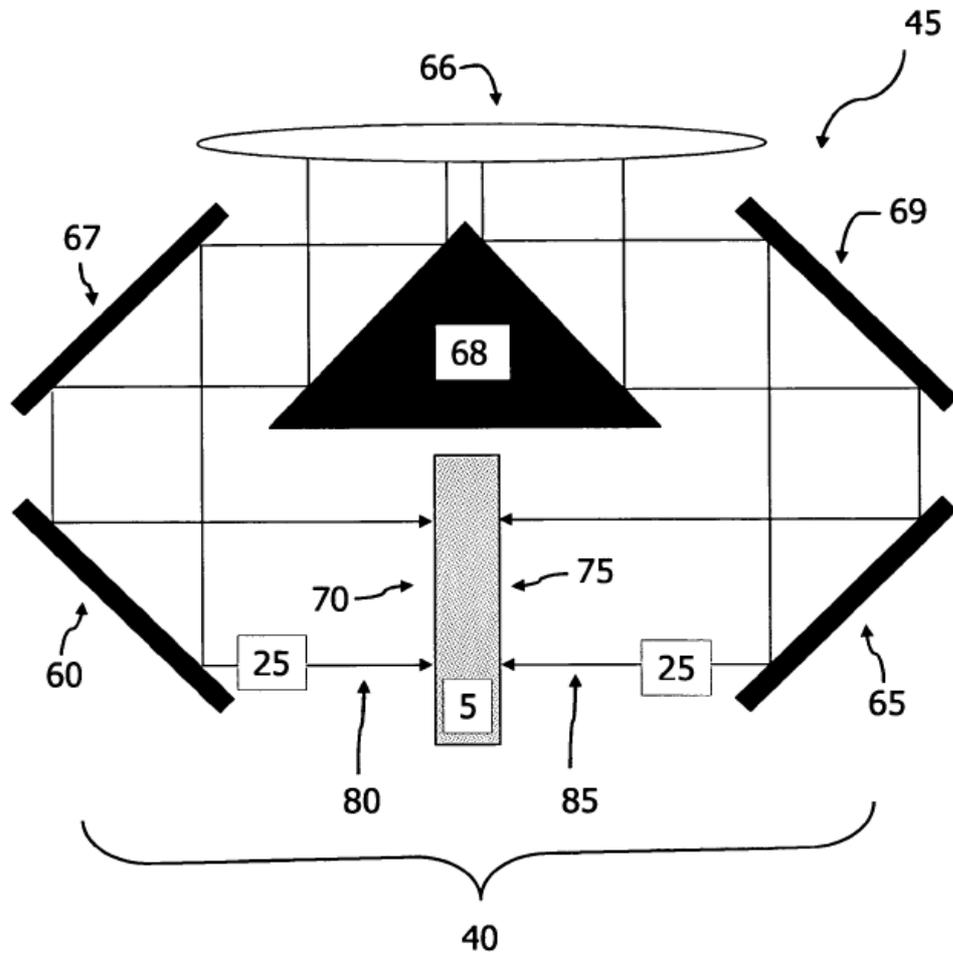


Fig. 2

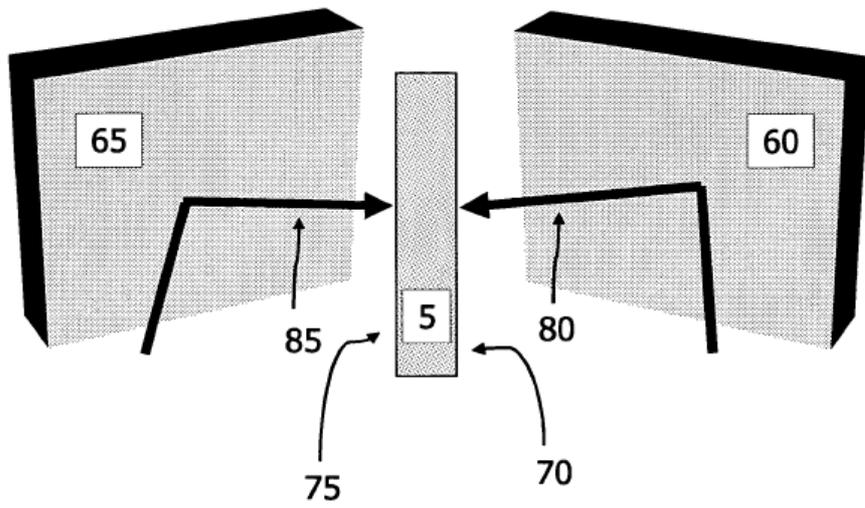


Fig. 3

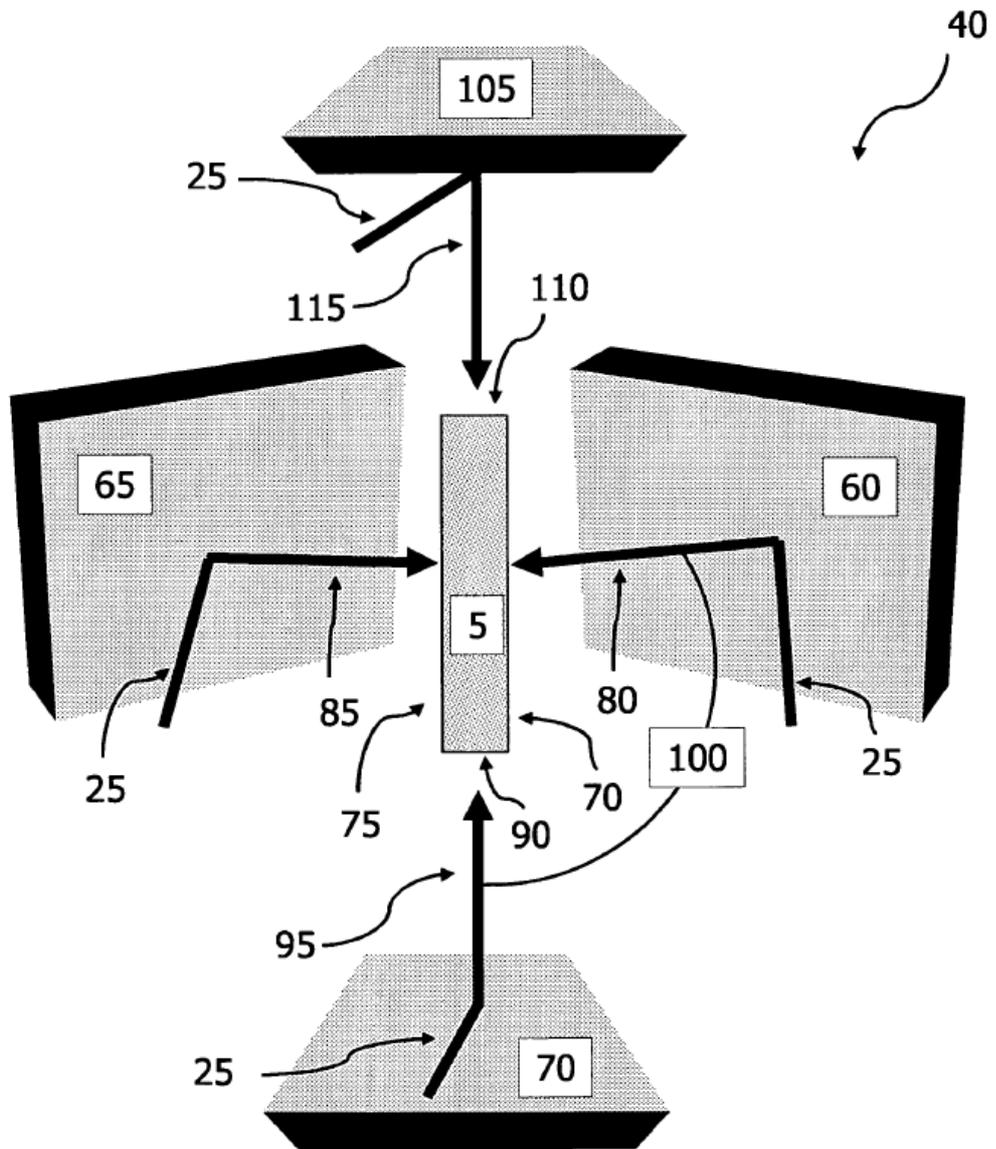


Fig. 4

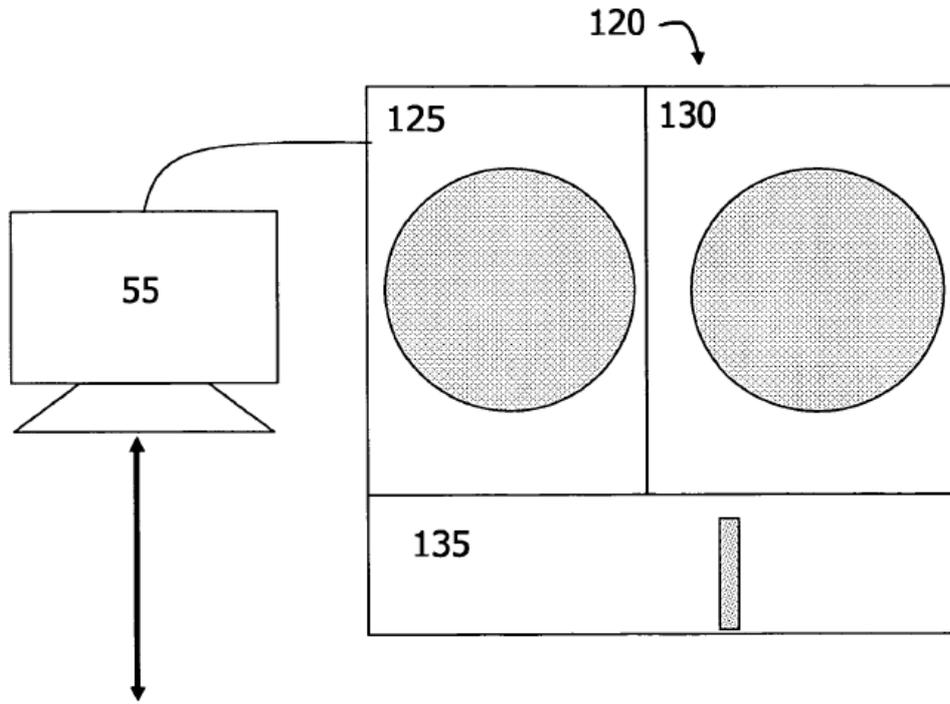


Fig. 5

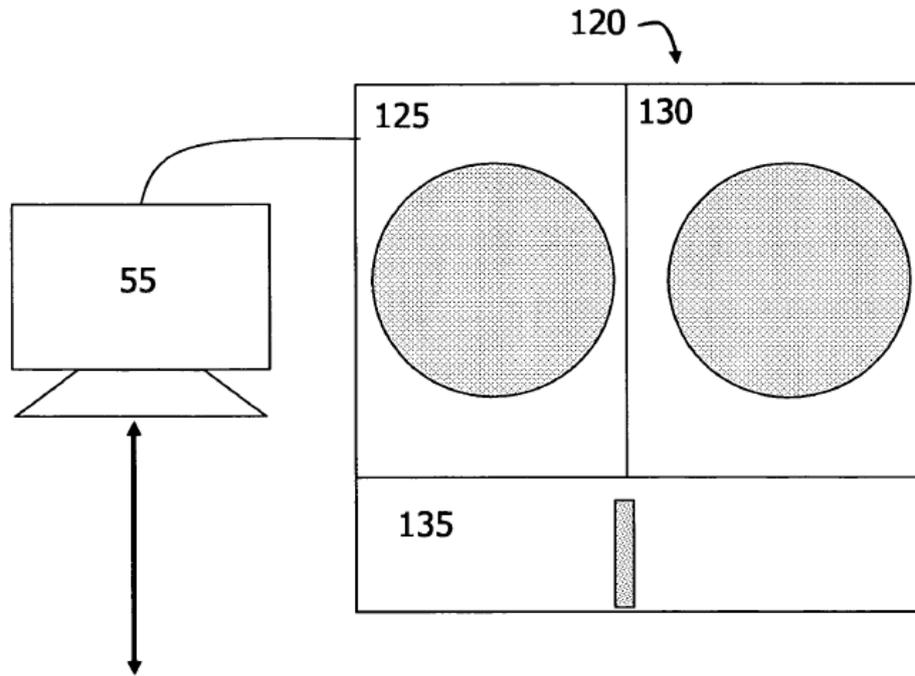


Fig. 6