

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 817 800**

51 Int. Cl.:

G01B 11/00 (2006.01)

G01B 5/004 (2006.01)

G01B 5/20 (2006.01)

G06T 7/70 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2010** **E 10004264 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2020** **EP 2381214**

54 Título: **Sistema de medición óptica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.04.2021

73 Titular/es:

METRONOR A/S (100.0%)
Fekjan 13
1360 Nesbru, NO

72 Inventor/es:

ROTVOLD, OYVIND;
AMDAL, KNUT y
SUPHELLEN, HARALD

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 817 800 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

Sistema de medición óptica

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un sistema de medición óptica para medir coordenadas espaciales y/o la orientación de una sonda táctil.

10 **[0002]** En comparación con los sistemas de medición óptica de la técnica anterior, la presente invención proporciona un campo de visión ilimitado en combinación con la compatibilidad con una amplia variedad de sondas táctiles. Por lo tanto, la presente invención proporciona un nuevo nivel de flexibilidad en términos de tareas de medición que se pueden manejar con un único sistema en comparación con la técnica anterior. Esto proporciona importantes ventajas operativas y de inversión en industrias tales como la aeroespacial, la automotriz y otras industrias que fabrican productos ensamblados complejos.

15 **[0003]** A partir del documento EP 0 607 303 B1, se conoce un sistema optoelectrónico para la medición punto por punto de coordenadas espaciales. El sistema descrito proporciona una sonda que comprende un mínimo de tres fuentes de luz en coordenadas conocidas en relación con un sistema de coordenadas locales fijo de sonda y, con un punto táctil en una localización conocida en relación con dicho sistema de coordenadas local, se pone en contacto con el punto para el cual las coordenadas espaciales deben determinarse. Un sensor de dirección espacial optoelectrónico determina los ángulos en dos dimensiones (dirección espacial) hacia las fuentes de luz. En base a las posiciones conocidas de las tres fuentes de luz mínimas y el punto táctil en el sistema de coordenadas locales fijo de sonda entre sí y en base a las direcciones espaciales determinadas de las fuentes de luz individuales y el sensor de dirección espacial, el sistema puede deducir por los procedimientos de cálculo fotogramétricos la posición y la orientación de la sonda y, por lo tanto, las coordenadas espaciales del punto táctil.

25 **[0004]** Hay dos debilidades principales con el sistema descrito por esta técnica anterior.

30 **[0005]** En primer lugar, la precisión de la medición está influenciada por la relación de la distancia entre el sensor de dirección espacial optoelectrónico y la sonda táctil, así como la distancia de las fuentes de luz en la sonda táctil entre sí. Si la distancia entre el sensor de dirección espacial optoelectrónico y la sonda táctil resulta demasiado grande, los ángulos medidos por el sensor de dirección espacial optoelectrónico para determinar las direcciones espaciales disminuyen hasta tal punto que ya no es posible una medición precisa.

35 **[0006]** Para superar este problema, se puede aumentar la distancia de las fuentes de luz en la sonda táctil entre sí, de modo que los ángulos vuelvan a ser medibles. Sin embargo, si la sonda táctil está inclinada con respecto al sensor de dirección espacial optoelectrónico, incluso aumentar las distancias no necesariamente aumentaría suficientemente los ángulos medidos.

40 **[0007]** Además, en muchas aplicaciones, aumentar la distancia de las fuentes de luz en la sonda táctil entre sí no es práctico, ya que el tamaño total de la sonda táctil en la práctica está limitado debido al entorno en el que se vaya a usar el sistema.

45 **[0008]** Por tanto, la precisión de medición para el sistema descrito en el documento EP 0 607 303 B1 se deteriora a distancias más largas, a medida que disminuyen los ángulos medidos por el sensor de dirección espacial optoelectrónico para determinar las direcciones espaciales de las fuentes de luz.

50 **[0009]** La adición de un segundo sensor de dirección espacial colocado de modo que las líneas de los dos sensores de dirección espacial se crucen en ángulos aproximadamente rectos en las fuentes de luz se puede usar para superar este problema. La precisión se mejora luego mediante la triangulación entre los sensores de dirección espacial. Sin embargo, en dichos sistemas, el objeto que se vaya a medir debe estar dentro del campo de visión de ambas cámaras, al igual que las fuentes de luz de la sonda táctil.

55 **[0010]** En segundo lugar, el sensor de dirección espacial optoelectrónico tiene un campo de visión finito. Para un objeto de un tamaño dado, esto determina la distancia mínima entre el objeto y el sensor de dirección espacial optoelectrónico del sistema. Para objetos grandes, esta distancia puede ser demasiado grande para lograr la precisión requerida.

60 **[0011]** Para otros objetos, un campo de visión finito puede no ser aceptable. Como ejemplo, medir la forma exacta de un espacio cerrado, tal como una habitación que se equipará con un suelo de parquet personalizado o una caldera que se vaya a equipar con tuberías nuevas, requiere un sistema de medición que pueda funcionar a través de un campo de visión de 360 grados, es decir, un sistema con un campo de visión ilimitado.

65 **[0012]** Un ejemplo típico de la industria es la llamada "estación de enmarcado" o "enmarcador" en una línea de producción automotriz. La Figura 1 ilustra esquemáticamente una estación de enmarcado o enmarcador automotriz con herramientas de techo 201, lado 202 y suelo 203. Esta es la herramienta donde dos paneles laterales 208, 209 y un panel de techo 210, cada uno sostenido en las herramientas correspondientes, se alinean y sueldan a un

ensamblaje de suelo 211.

5 **[0013]** De importancia crítica para la geometría general del vehículo terminado, el enmarcador debe medirse en la posición cerrada que está con las herramientas para cada uno de los ensamblajes de techo y suelo laterales entrelazados mientras los paneles 208, 209 y 210, así como el ensamblaje de suelo 211 no están en su lugar. Debido a la complejidad de las herramientas, el enmarcador cerrado aparece como una caja cerrada con todos los detalles que se medirán en el interior.

10 **[0014]** Los puntos de localización de chapa 206 - típicamente pasadores y abrazaderas para sujetar los paneles y el ensamblaje de suelo cuyas coordenadas espaciales tienen que determinarse, se miden con un punto táctil 204 de una sonda táctil 205. Las coordenadas espaciales del punto táctil 204 se determinarán por el sistema de la técnica anterior mencionado anteriormente.

15 **[0015]** Sin embargo, la distancia entre el sensor de dirección espacial 207 y la sonda táctil 205 es demasiado larga para que las coordenadas espaciales se puedan medir con precisión.

20 **[0016]** Además de eso, partes del enmarcador o equipo relacionado pueden cubrir una segunda sonda táctil 205', de modo que esta sonda táctil 205' no esté en el campo de visión del sensor de dirección espacial 207 y, por lo tanto, no se pueden determinar sus coordenadas espaciales.

25 **[0017]** Como típicamente no se puede encontrar ninguna posición para el sensor de dirección espacial descrito en el documento EP 0 607 303 B1 que proporciona simultáneamente una vista de todas las partes del enmarcador que se vayan a medir y distancias suficientemente cortas a todas las partes del enmarcador para proporcionar la precisión requerida, esta técnica anterior no está adaptada para medir enmarcadores. Dado que los enmarcadores son una parte crítica de las líneas de producción automotriz, esto reduce significativamente la utilidad y la flexibilidad de los sistemas como el presentado en el documento EP 0 607 303 B1 en la industria automotriz y otras industrias con objetos cerrados similares para medir.

30 **[0018]** En este tipo de aplicación, el enfoque de dos cámaras no mejora, más bien la necesidad de encontrar dos localizaciones adecuadas para sensores de dirección espacial mientras se mantienen los ángulos de intersección adecuados hace que el problema sea mucho más grave.

35 **[0019]** El documento FR 2 870 594 A1 divulga un sistema para colocar un detector óptico de una cadena de detectores en una relación geométrica con respecto a una referencia. La cadena comprende al menos un detector óptico intermedio de la referencia y el detector final de modo que al menos un detector intermedio inicial de la cadena observa la referencia y cada uno de los detectores de la cadena observa el detector precedente en la cadena.

40 **[0020]** El documento DE 105 36 294 A1 divulga un sistema del tipo como se define en la reivindicación 1 sin las características ea) y eb) de la reivindicación 1. Además, el sistema conocido por D1 está usando paneles de referencia obligatorios con una pluralidad de marcas.

45 **[0021]** El documento EP 2 112 470 A1 divulga un procedimiento de videometría de transferencia de ruta óptica plegable para medir la posición tridimensional y la actitud de objetos no intervisibles, incluyendo los pasos de construir una ruta óptica plegable entre un objetivo invisible y una placa plana de referencia, disponer de una estación de transferencia que comprenda una cámara, una marca de cooperación y un telémetro láser en cada punto de ruptura en el paso óptico plegable, procesar la imagen tomada por cada cámara, contar con la distancia medida por el telémetro láser, obtener una información de posición y postura correspondiente con cada estación de transferencia adyacente, sumar la información desde la placa plana de referencia hasta los objetivos invisibles y lograr la posición tridimensional y la postura del objetivo invisible en relación con la placa plana de referencia.

50 **[0022]** El objetivo de la presente invención es superar las deficiencias anteriores de la técnica anterior y presentar un sistema que proporcione una medición altamente precisa de las coordenadas espaciales y/u orientación de una sonda táctil, que se puede usar en configuraciones cerradas y donde el espacio es limitado y es simple, fácil y rápido de usar.

55 **[0023]** La presente invención abarca un sistema para medir coordenadas espaciales de acuerdo con la reivindicación 1, un procedimiento para medir coordenadas espaciales de acuerdo con la reivindicación 10 y un programa informático para medir coordenadas espaciales de acuerdo con la reivindicación 11. Se reivindican otros modos de realización en las reivindicaciones dependientes.

60 **[0024]** El sistema inventivo tiene la ventaja de que el primer sensor de dirección espacial con sus objetivos asociados se puede mover y girar en todas las direcciones espaciales siempre que permanezca dentro del campo de visión del segundo sensor de dirección espacial. Por lo tanto, el sistema es altamente flexible y proporciona un campo de visión de 360 grados. El primer sensor de dirección espacial con sus objetivos asociados se puede mover libremente, ya sea manualmente o motorizado, dentro del campo de visión del segundo sensor de dirección espacial sin alineación intermedia con el sistema de coordenadas del objeto que se vaya a medir.

- 5 **[0025]** Además, el sistema aumenta la precisión en comparación con la técnica anterior, ya que el amplio campo de visión permite minimizar la distancia desde los sensores de dirección espacial hasta los objetivos y la sonda táctil. Además, la flexibilidad de posicionamiento de los sensores de dirección espacial permite la selección de una configuración óptima que depende de la forma y el tamaño del objeto que se vaya a medir.
- [0026]** Además, debido al uso de dos sensores de dirección espacial independientes, el sistema puede mirar esquinas y en áreas que no sean accesibles con un solo sensor de dirección espacial.
- 10 **[0027]** Además, el sistema es altamente preciso ya que no se debe realizar una medición mecánica ni de contacto de la sonda táctil o del objetivo, lo que podría infligir errores de medición debido a la imprecisión mecánica.
- [0028]** Siempre que se mencione una sonda a continuación, debe entenderse como una sonda táctil.
- 15 **[0029]** De acuerdo con la invención, la sonda tiene objetivos con posiciones conocidas entre sí, los medios de procesamiento se configuran además para calcular las coordenadas espaciales y/u orientación de la sonda en base a la orientación conocida y/o las coordenadas espaciales del objetivo, las posiciones conocidas de los objetivos de la sonda entre sí y una determinación de las direcciones espaciales de los objetivos de la sonda con respecto al primer sensor de dirección espacial y al menos tres objetivos de la sonda están en el campo de visión del primer sensor de dirección espacial.
- 20 **[0030]** Al tener al menos tres objetivos de la sonda en el campo de visión del primer sensor de dirección espacial, las coordenadas espaciales y/o la orientación de la sonda se pueden determinar con mucha precisión.
- 25 **[0031]** En un modo de realización ventajoso adicional, el sistema comprende al menos una sonda adicional y/o al menos un primer sensor de dirección espacial adicional y/o al menos un segundo sensor de dirección espacial adicional.
- [0032]** Debido a esto, la precisión de determinar la posición y la orientación del primer sensor de dirección espacial se aumenta usando más de un segundo sensor de dirección espacial en posiciones conocidas entre sí.
- 30 **[0033]** En un modo de realización ventajoso adicional, el objetivo se puede hacer rotar.
- [0034]** Con esta función, el primer sensor de dirección espacial asociado con el objetivo puede ver en diferentes direcciones, de modo que se puedan determinar las coordenadas espaciales y/o la orientación de las sondas localizadas alrededor del primer sensor de dirección espacial.
- 35 **[0035]** En un modo de realización ventajoso adicional, el primer sensor de dirección espacial y el segundo sensor de dirección espacial están conectados mecánicamente.
- 40 **[0036]** Debido al hecho de que el segundo sensor de dirección espacial y el objetivo con el primer sensor de dirección espacial están conectados mecánicamente, se conoce la distancia desde el segundo sensor de dirección espacial hasta el primer sensor de dirección espacial. Por lo tanto, solo se debe determinar la orientación del objetivo del primer sensor de dirección espacial. Esto reduce en gran medida los requisitos con respecto a las capacidades de cálculo de los medios de procesamiento.
- 45 **[0037]** Además, la distancia desde el segundo sensor de dirección espacial hasta el objetivo del primer sensor de dirección espacial se puede mantener corta, mientras que todavía tiene la posibilidad de realizar todas las mediciones espaciales de un sistema sin medición mecánica o de contacto. Por ejemplo, el sistema de la invención se puede diseñar como una unidad compacta y autónoma, que se puede colocar en una localización cuyo entorno debe medirse. La alineación en un sistema de coordenadas global se puede realizar luego mediante puntos de referencia en el entorno que se vaya a medir (por ejemplo, puntos de referencia en un robot de soldadura en la línea de ensamblaje).
- 50 **[0038]** En un modo de realización ventajoso adicional, la conexión mecánica es una estructura de marco que consiste principalmente en polímero reforzado con fibra de carbono.
- 55 **[0039]** Debido a esto, la conexión mecánica es altamente rígida. Como la distancia de los sensores de dirección espacial está firmemente fijada a esta estructura rígida, todas las mediciones se vuelven aún más precisas.
- 60 **[0040]** En un modo de realización ventajoso adicional, al menos un punto de referencia está en los campos de visión del segundo sensor de dirección espacial y de un segundo sensor de dirección espacial adicional y el medio de procesamiento está adaptado además para calibrar los sistemas de coordenadas espaciales de los segundos sensores de dirección espacial en base a las coordenadas espaciales respectivas de al menos un punto de referencia.
- 65 **[0041]** Este modo de realización de la invención permite que el objetivo se mueva, dejando el campo de visión del segundo sensor de dirección espacial y entrando en el campo de visión de un segundo sensor de dirección espacial

adicional. Como los dos segundos sensores de dirección espacial ven el mismo punto de referencia, su sistema de coordenadas espaciales se puede calibrar y, por tanto, fundir en un sistema de coordenadas espaciales, en el cual el objetivo se puede mover libremente. Esto es especialmente importante en aplicaciones de línea de ensamblaje donde el objetivo se puede colocar en el producto transportado por la línea de ensamblaje.

5 [0042] En un modo de realización ventajoso adicional, el objetivo se mueve desde el campo de visión del segundo sensor de dirección espacial en un campo de visión de un segundo sensor de dirección espacial adicional, en el que al menos un punto de referencia está en el campo de visión del primer sensor de dirección espacial antes y después del movimiento y los medios de procesamiento se adaptan además para calibrar los sistemas de coordenadas espaciales de los segundos sensores de dirección espacial en base a las coordenadas espaciales respectivas del al menos un punto de referencia.

10 [0043] Aunque este modo de realización es similar al modo de realización anterior en que el objetivo se puede mover libremente, el punto de referencia en este modo de realización no tiene que estar en los campos de visión de los segundos sensores de dirección espacial. Esto es ventajoso ya que no siempre es fácil encontrar un punto de referencia que se vea por dos segundos sensores de dirección espacial al mismo tiempo.

[0044] A continuación se describen modos de realización ejemplares de la invención con respecto a las figuras.

20 La Fig. 1 ilustra un sistema de acuerdo con la técnica anterior en una estación de enmarcado de línea de producción automatizada.

La Fig. 2 ilustra un primer modo de realización de un sistema de acuerdo con la presente invención.

25 La Fig. 3 ilustra el primer modo de realización de la presente invención en una aplicación de estación de enmarcado de línea de producción automatizada.

La Fig. 4 ilustra el primer modo de realización de la presente invención.

30 La Fig. 5 ilustra un segundo modo de realización de la presente invención.

La Fig. 6 ilustra el segundo modo de realización de la presente invención en una aplicación de línea de producción.

La Fig. 7 ilustra un tercer modo de realización de la presente invención.

35 La Fig. 8 ilustra un cuarto modo de realización de la presente invención.

[0045] En la Fig. 2, se ilustran los elementos principales de un sistema 100 de acuerdo con la invención. El sistema 100 comprende una sonda 101 que se va a medir, un primer sensor de dirección espacial 102, un segundo sensor de dirección espacial 103 y un medio de procesamiento 106.

40 [0046] La sonda 101 está situada en el campo de visión FOV1 del primer sensor de dirección espacial 102. El primer sensor de dirección espacial 102 se sitúa nuevamente en el campo de visión FOV2 del segundo sensor de dirección espacial 103. Mientras que el segundo sensor de dirección espacial 103 determina la posición y la orientación del primer sensor de dirección espacial 102, el primer sensor de dirección espacial determina de nuevo la posición y/u orientación de la sonda 101.

45 [0047] Para determinar la posición y/o la orientación de la sonda 101, el segundo sensor de dirección espacial 103 determina las direcciones espaciales, es decir, ángulos espaciales o ángulos sólidos, en relación con los objetivos 105 asociados con el primer sensor de dirección espacial 102 dispuesto en un patrón 104. Por lo tanto, se pueden determinar la posición y/o la orientación del patrón 104 y, por tanto, del primer sensor de dirección espacial 102. El primer sensor de dirección espacial 102 determina nuevamente las coordenadas espaciales y/o la orientación de la sonda 101.

50 [0048] El primer sensor de dirección espacial 102 es libre de moverse y rotar de acuerdo con todos los seis grados de libertad para observar la sonda 101 siempre que el segundo sensor de dirección espacial 103 permanezca estacionario y al menos tres objetivos 105 asociados con el primer sensor de dirección espacial 102 permanezcan dentro del campo de visión del segundo sensor de dirección espacial 103. Esto proporciona un campo de visión prácticamente ilimitado para el sistema 100. Por lo tanto, el sistema puede mirar detrás de las esquinas o a través de 360 grados dentro de un volumen de medición cerrado.

55 [0049] Para medir, el primer sensor de dirección espacial 102 se mueve y se hace rotar hasta que su campo de visión FOV1 apunta en la dirección de una sonda 101 cuya posición y/u orientación necesita determinarse. El sistema 100 puede transformar el sistema de coordenadas locales del primer sensor de dirección espacial 102 en el sistema de coordenadas del sistema 100 determinando las direcciones espaciales de al menos tres objetivos 105 asociados con el primer sensor de dirección espacial con respecto al segundo sensor de dirección espacial 103. Por lo tanto, la

posición y/o la orientación de la sonda 101, estando en el campo de visión FOV1 del primer sensor de dirección espacial 102 solamente, se determina primero en el sistema de coordenadas locales del primer sensor de dirección espacial 102 y luego se transforma en la posición y/u orientación en el sistema de coordenadas del sistema 100.

5 **[0050]** Los primer y segundo sensores de dirección espacial 102, 103 están conectados a los medios de procesamiento 106. Esta conexión puede ser una conexión alámbrica o inalámbrica. Por lo tanto, los medios de procesamiento así como los primer y segundo sensores de dirección espacial 102, 103 pueden estar equipados con un transceptor. Además, la sonda 101 podría tener una conexión con los medios de procesamiento 106 de la misma manera, por ejemplo, para controlar los objetivos.

10 **[0051]** Los sensores de dirección espacial 102, 103 son cualquier tipo de cámara electroóptica tal como, por ejemplo, una cámara CMOS o una cámara CCD.

15 **[0052]** La sonda 101 es cualquier tipo de instrumento adecuado para medir la localización de una entidad geométrica, tal como un punto de superficie o un agujero, tal como, por ejemplo, una sonda táctil con un lápiz para la medición punto por punto o una cámara de exploración independiente que mida múltiples puntos de superficie en un denominado parche y/o una característica física asociada con dicha entidad, por ejemplo, un sensor combinado para medir una característica física combinada con una localización, tal como una sonda de temperatura de color o una sonda de grosor ultrasónica.

20 **[0053]** Los objetivos 105 son cualquier tipo de marca u objetivo adecuado para la observación por los sensores de dirección espacial, tales como los diodos emisores de luz, las marcas fiduciales, los objetivos o las formas retrorreflectantes. Los objetivos 105 pueden ser activos o pasivos. Como objetivos activos, los LED (diodos emisores de luz) son en particular adecuados, pero se puede emplear cualquier fuente de luz con una espectroemisión bien definida. Los objetivos pasivos pueden reflejar la luz de una fuente de luz activa externa.

25 **[0054]** La Figura 3 representa una aplicación de la invención de acuerdo con el primer modo de realización en una estación de enmarcado de automóviles como ya se ilustra en la Fig. 1. En esta aplicación industrial, no todas las sondas 101 están en el campo de visión FOV2 del segundo sensor de dirección espacial 103. Sin embargo, el primer sensor de dirección espacial 102 está dispuesto de tal manera que siempre está en el campo de visión FOV2 del segundo sensor de dirección espacial 103. El primer sensor de dirección espacial 102 detecta nuevamente la posición y/u orientación de las sondas 101. Por lo tanto, el primer sensor de dirección espacial 102 está montado de tal manera que puede hacer rotar su campo de visión FOV1 en todas las direcciones. Los datos adquiridos se transmiten a los medios de procesamiento 106 que a su vez ejecutan un programa informático para realizar los siguientes pasos.

30 **[0055]** En un primer paso, las coordenadas espaciales y/o la orientación de la sonda 101 se determinan en el sistema de coordenadas locales del primer sensor de dirección espacial 102. Luego, en un segundo paso, la posición y/o la orientación del primer sensor de dirección espacial 102 se determina en el sistema de coordenadas del sistema 100 por el segundo sensor de dirección espacial 103. Esto se realiza midiendo las direcciones espaciales de al menos tres objetivos 105 asociados al primer sensor de dirección espacial 102 dispuesto en un patrón 104. El sistema de coordenadas local del primer sensor de dirección espacial 102 se transfiere luego al sistema de coordenadas espaciales del sistema 100. Por lo tanto, también las coordenadas espaciales y/o la orientación de la sonda 101 se transforman en el sistema de coordenadas del sistema 100.

35 **[0056]** Debido al hecho de que el primer sensor de dirección 102 puede rotar o incluso moverse, puede obtener imágenes de todo el espacio que lo rodea, haciendo posible determinar la posición y/o la orientación de las sondas que se localizan a su alrededor. Dado que el primer sensor de dirección espacial 102 está situado en una localización que está mucho más cerca de las sondas 101 que se van a medir, es menos probable que un robot de soldadura o un elemento impida una medición de coordenadas espaciales y/o de la orientación. Además, debido a la menor distancia de medición para la determinación de la posición y/o de la orientación de las sondas 101, las mediciones se vuelven más exactas que si el segundo sensor de dirección espacial 103 mide la posición y/o la orientación de las sondas 101 directamente.

40 **[0057]** Como se muestra en la Fig. 4, la sonda 101 también comprende objetivos 107. Las coordenadas espaciales y/o la orientación de la sonda 101 se determinan luego en base a una medición de las direcciones espaciales de estos objetivos 107 en relación con el primer sensor de dirección espacial 102. De hecho, la posición de los objetivos 107 se conoce en un sistema de coordenadas local de la sonda 101. En base a esta información y a las direcciones espaciales determinadas, el sistema puede determinar la posición y/o la orientación de la sonda 101 en el sistema de coordenadas local del primer sensor de dirección espacial 102. Esta posición y/u orientación se puede transformar luego en la posición y/o la orientación en el sistema de coordenadas del sistema 100 como se explica para el primer modo de realización.

45 **[0058]** En un segundo modo de realización de acuerdo con la presente invención, ilustrada en la Fig. 5, el primer sensor de dirección espacial 102 y el segundo sensor de dirección espacial 103 están conectados mecánicamente. Por ejemplo, los sensores de dirección espacial se pueden montar en una estructura de marco 110. El primer sensor de dirección espacial 102 está montado en la estructura de marco 110 de tal manera que pueda rotar libremente.

Además, los sensores de dirección espacial 102, 103 están dispuestos de tal manera que al menos tres objetivos 105 asociados al primer sensor de dirección espacial 102 están siempre en el campo de visión FOV2 del segundo sensor de dirección espacial 103, independientemente de la orientación de rotación del primer sensor de dirección 102.

5 **[0059]** La estructura de marco 110 puede consistir en polímero reforzado con fibra de carbono o en un tubo de metal o en cualquier otro material sólido y rígido. Preferentemente, el material tiene propiedades de expansión de temperatura mínima. La entidad de los primer y segundo sensores de dirección espacial 102, 103 y la estructura de marco 110 pueden formar una unidad autónoma, compacta y estable, que sea fácil de transportar y que resista tensiones externas elevadas. Los sensores de dirección espacial 102, 103 también pueden estar protegidos por la
10 estructura de marco 110. De forma alternativa, la estructura de marco 110 está parcialmente cubierta o la estructura de marco se puede reemplazar incluso por una construcción cerrada y formar una unidad cerrada.

15 **[0060]** La Figura 6 ilustra el segundo modo de realización de la presente invención en una configuración industrial ejemplar en una línea de producción móvil. Como se puede ver, la entidad con sensores de dirección espacial 102, 103 y la estructura de marco 110 se puede colocar en una plataforma de herramientas o producto procesado como un sistema autónomo.

20 **[0061]** La Figura 7 ilustra otro modo de realización de ejemplo de la invención. En este modo de realización, el sistema 100 comprende dos segundos sensores de dirección espacial 103, 103' que tienen un campo de visión diferente FOV2, FOV2'. Sin embargo, estos dos campos de visión FOV2 y FOV2' tienen sectores comunes en los que se sitúan los puntos de referencia 111. Por medio de estos puntos de referencia 111, que también pueden tener objetivos, los sistemas de coordenadas locales de cada segundo sensor de dirección espacial 103 se pueden calibrar al sistema de coordenadas del sistema 100.

25 **[0062]** En este modo de realización, el primer sensor de dirección espacial 102 se puede mover desde una primera posición A dentro del campo de visión FOV2 de un segundo sensor de dirección espacial a una posición B en el campo de visión FOV2' de otro segundo sensor de dirección espacial 103'. Debido al hecho de que los segundos sensores de dirección espacial 103, 103' están calibrados, el sistema de coordenadas local del primer sensor de dirección espacial 102 se puede calibrar al sistema de coordenadas del sistema 100 en las posiciones A y B.
30

[0063] Los puntos de referencia 111 también se pueden reemplazar por una sonda 101 que sea estática y que permanezca en los campos de visión FOV2, FOV2' de ambos segundos sensores de dirección espacial 103, 103'.

35 **[0064]** La Figura 8 se refiere a un cuarto modo de realización de la presente invención. Nuevamente, el primer sensor de dirección espacial 102 se puede mover desde una posición A a una posición B. Sin embargo, como en el cuarto modo de realización, el sistema de coordenadas local del primer sensor de dirección 102 permanece calibrado con el sistema de coordenadas del sistema 100. A diferencia del cuarto modo de realización, el sistema no está calibrado por puntos de referencia comunes 111 o sondas 101 en los campos de visión FOV2 y FOV2' de los dos segundos sensores de dirección espacial 103, 103'. En cambio, el primer sensor de dirección espacial 102 determina las posiciones relativas de los puntos de referencia 111 y/o una sonda fija 101 en sus posiciones A y B. Los puntos de referencia 111 y/o las sondas fijas 101 están luego en los campos de visión del primer sensor de dirección espacial 102 antes del movimiento FOV1 y después del movimiento FOV1'. A partir de esta medición, los sistemas de coordenadas locales de los dos segundos sensores de dirección espacial 103, 103' se calibran y el primer sensor de dirección espacial 102 puede realizar mediciones en el sistema de coordenadas del sistema 100.
40
45

Lista de números de referencia:

[0065]

50	Sistema	100
	Sonda	101
	Primer sensor de dirección espacial	102
	Segundo sensor de dirección espacial	103
	Patrón de los objetivos	104
55	Objetivo	105
	Medios de procesamiento	106
	Objetivo de la sonda	107
	Objeto	108
	Punto táctil	109
60	Estructura de marco	110
	Punto de referencia	111
	Herramientas de techo de la estación de enmarcado	201
	Herramientas laterales de la estación de enmarcado	202
	Herramientas de suelo de la estación de enmarcado	203
65	Punto táctil	204

(continuación)

ES 2 817 800 T3

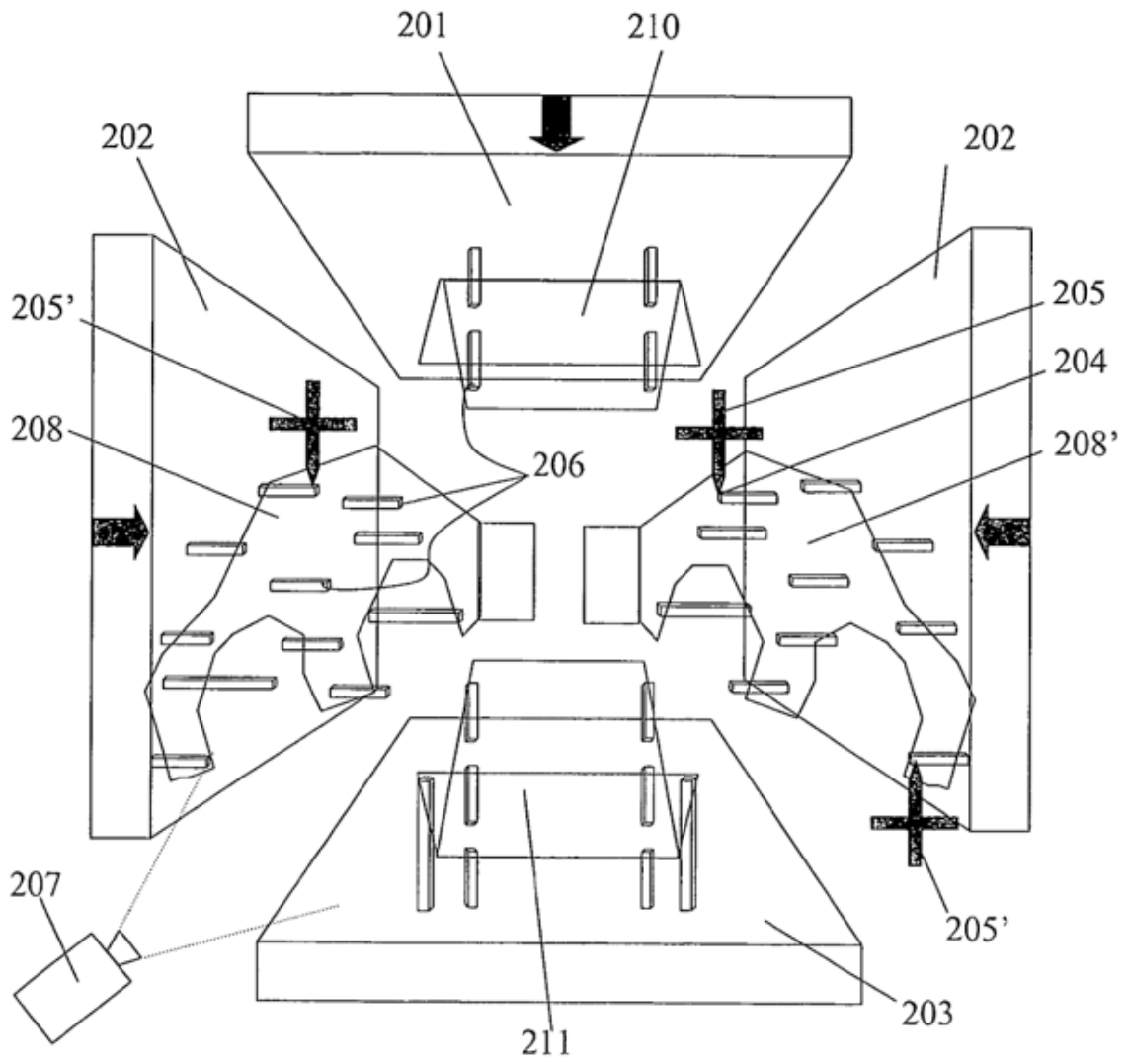
	Sonda táctil	205
	Dispositivo de localización de chapa	206
	Sensor de dirección espacial	207
5	Panel lateral	208, 209
	Panel de techo	210
	Ensamblaje de suelo	211
	Campo de visión de un primer sensor de dirección espacial	FOV1
	Campo de visión de un segundo sensor de dirección espacial	FOV2
10	Posición antes del movimiento	A
	Posición después del movimiento	B

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema (100) para la medición de coordenadas espaciales y/o la orientación de una sonda (101), que comprende:
- 10 a) un primer sensor de dirección espacial (102) asociado con un patrón (104) de los objetivos (105) con posiciones conocidas relativas entre sí y al primer sensor de dirección espacial (102);
- 15 b) un segundo sensor de dirección espacial (103);
- 20 c) una sonda (101) con objetivos (107) en posiciones conocidas entre sí, en la que al menos tres objetivos (107) de la sonda (101) están en el campo de visión (FOVI) del primer sensor de dirección espacial (102), en el que la sonda (101) es una sonda táctil;
- 25 d) el primer sensor de dirección espacial (102) que se puede mover y rotar libremente de acuerdo con los seis grados de libertad para observar la sonda (101) siempre que el segundo sensor de dirección espacial (103) permanezca estacionario y al menos tres objetivos (105) asociados con el primer sensor de dirección espacial (102) permanezcan dentro del campo de visión (FOV2) del segundo sensor de dirección espacial (103) proporcionando por tanto un campo de visión prácticamente ilimitado para el sistema (100);
- 30 e) medios de procesamiento (106)
- 35 ea) para el cálculo de la orientación y/o las coordenadas espaciales del patrón (104) de los objetivos (105) del primer sensor de dirección espacial (102) en relación con el segundo sensor de dirección espacial (103) en base a
- 40 - la observación de al menos tres objetivos (105) en el primer sensor de dirección espacial (102) por el segundo sensor de dirección espacial (103);
- 45 - las posiciones conocidas de los objetivos (105) del primer sensor de dirección espacial (102) relativas entre sí y relativas al primer sensor de dirección espacial (102); y
- 50 - una determinación de las direcciones espaciales de los objetivos (105) observadas en el primer sensor de dirección espacial (102) con respecto al segundo sensor de dirección espacial (103);
- 55 eb) para el cálculo de la orientación y/o las coordenadas espaciales del patrón de los objetivos (107) de la sonda (101) en relación con el primer sensor de dirección espacial (102) en base a
- 60 - la observación de al menos tres objetivos (107) de la sonda (101) por el primer sensor de dirección espacial (102);
- 65 - las posiciones conocidas de los objetivos (107) de la sonda (101) entre sí y con la sonda (101); y
- una determinación de las direcciones espaciales de los objetivos (107) observados en la sonda (101) con respecto al primer sensor de dirección espacial (102);
- ec) para el cálculo de la orientación y/o las coordenadas espaciales de la sonda (101) en relación con el segundo sensor de dirección espacial (103) en base a
- la orientación y/o las coordenadas espaciales del patrón (104) de los objetivos (105) del primer sensor de dirección espacial (102) con relación al segundo sensor de dirección espacial (103) como se calcula en la característica ea); y
- la orientación y/o las coordenadas espaciales del patrón de los objetivos (107) de la sonda (101) con respecto al primer sensor de dirección espacial (102) como se calcula en la característica eb).
2. Un sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende al menos una sonda (101) adicional y/o al menos un primer sensor de dirección espacial adicional y/o al menos un segundo sensor de dirección espacial adicional.
3. Un sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la sonda (101) está asignada a un objeto (108) cuyas coordenadas espaciales y/u orientación deben determinarse.

- 5
4. Un sistema (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la sonda táctil tiene un punto táctil (109) y en el que los medios de procesamiento (106) están configurados además para calcular las coordenadas espaciales del punto táctil (109) a partir de posiciones relativas de los al menos tres objetivos (107) de la sonda (101) y el punto táctil (109) entre sí.
- 10
5. Un sistema (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el primer sensor de dirección espacial (102) y el segundo sensor de dirección espacial (103) están conectados mecánicamente.
- 15
6. Un sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la conexión mecánica es una estructura de marco (110) que consiste principalmente en polímero reforzado con fibra de carbono.
- 20
7. Un sistema (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 4, en el que al menos un punto de referencia (111) está en los campos de visión (FOV1, FOV1') del segundo sensor de dirección espacial (103) y un segundo sensor de dirección espacial adicional (103'); y en el que los medios de procesamiento están adaptados además para calibrar los sistemas de coordenadas espaciales de los segundos sensores de dirección espacial (103, 103') en base a las coordenadas espaciales respectivas del al menos un punto de referencia (111).
- 25
8. Un sistema (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 4, en el que el objetivo (104) se mueve desde el campo de visión (FOV2) del segundo sensor de dirección espacial (103) en un campo de visión (FOV2') de otro segundo sensor de dirección espacial (103'); en el que al menos un punto de referencia (111) está en los campos de visión (FOV1, FOV1') del primer sensor de dirección espacial (102) antes y después del movimiento; y
- en el que los medios de procesamiento están adaptados además para calibrar los sistemas de coordenadas espaciales de los segundos sensores de dirección espacial (103, 103') en base a las coordenadas espaciales respectivas del al menos un punto de referencia (111).
- 30
9. Un sistema (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que los sensores de dirección espacial (102, 103) están diseñados para medir la dirección espacial a los objetivos (105, 107).
- 35
10. Un procedimiento para medir las coordenadas espaciales y/o la orientación de una sonda táctil (101) que comprende los siguientes pasos:
- a) configurar un primer sensor de dirección espacial (102) asociado con un patrón (104) de los objetivos (105) con posiciones conocidas relativas entre sí y con el primer sensor de dirección espacial (102);
- b) configurar un segundo sensor de dirección espacial (103);
- 40
- c) configurar una sonda táctil (101) con los objetivos (107) en posiciones conocidas relativas entre sí, en el que al menos tres objetivos (107) de la sonda táctil (101) están en el campo de visión (FOV1) del primer sensor de dirección espacial (102);
- 45
- d) el primer sensor de dirección espacial (102) siendo libre para moverse y rotarse libremente de acuerdo con los seis grados de libertad para observar la sonda táctil (101) siempre que el segundo sensor de dirección espacial (103) permanezca estacionario y al menos tres objetivos (105) asociados con el primer sensor de dirección espacial (102) permanezcan dentro del campo de visión (FOV2) del segundo sensor de dirección espacial (103) proporcionando por tanto una vista prácticamente ilimitada para el sistema (100);
- 50
- e) calcular
- ea) la orientación y/o las coordenadas espaciales del patrón (104) de los objetivos (105) del primer sensor de dirección espacial (102) con respecto al segundo sensor de dirección espacial (103) en base a
- 55
- la observación de al menos tres objetivos (105) del primer sensor de dirección espacial (102) por el segundo sensor de dirección espacial (103);
- las posiciones relativas conocidas de los objetivos (105) del primer sensor de dirección espacial (102) entre sí y relativa al primer sensor de dirección espacial (102); y
- 60
- una determinación de las direcciones espaciales de los objetivos (105) observadas en el primer sensor de dirección espacial (102) con respecto al segundo sensor de dirección espacial (103);
- 65
- eb) la orientación y/o las coordenadas espaciales del patrón de los objetivos (107) de la sonda táctil (101) con respecto al primer sensor de dirección espacial (102) en base a

- la observación de al menos tres objetivos (107) de la sonda táctil (101) por el primer sensor de dirección espacial (102);
 - las posiciones conocidas de los objetivos (107) de la sonda táctil (101) relativas entre sí y a la sonda táctil (101); y
 - una determinación de las direcciones espaciales de los objetivos (107) observadas en la sonda táctil (101) con respecto al primer sensor de dirección espacial (102);
- ec) la orientación y/o las coordenadas espaciales de la sonda táctil (101) en relación con el segundo sensor de dirección espacial (103) en base a
- la orientación y/o las coordenadas espaciales del patrón (104) de los objetivos (105) del primer sensor de dirección espacial (102) con relación al segundo sensor de dirección espacial (103) como se calcula en la característica ea); y
 - la orientación y/o las coordenadas espaciales del patrón de los objetivos (107) de la sonda táctil (101) con respecto al primer sensor de dirección espacial (102) como se calcula en la característica eb).
- 11.** Un programa informático que comprende instrucciones para causar que el dispositivo de la reivindicación 1 ejecute los siguientes pasos, cuando lo ejecute un ordenador
- a) determinar la orientación y/o las coordenadas espaciales de un patrón (104) de los objetivos (105) de un primer sensor de dirección espacial (102) en relación con un segundo sensor de dirección espacial (103), siendo libre el primer sensor de dirección espacial (102) para moverse y rotar de acuerdo con los seis grados de libertad para observar la sonda táctil (101) siempre que el segundo sensor de dirección espacial (103) permanezca estacionario y al menos tres objetivos (105) asociados con el primer sensor de dirección espacial (102) permanezcan dentro del campo de visión (FOV2) del segundo sensor de dirección espacial (103) proporcionando por tanto un campo de visión prácticamente ilimitado para el sistema (100) en base a
- la observación de al menos tres objetivos (105) en el primer sensor de dirección espacial (102) por el segundo sensor de dirección espacial (103);
 - las posiciones conocidas de los objetivos (105) del primer sensor de dirección espacial (102) relativas entre sí y relativa al primer sensor de dirección espacial (102); y
 - una determinación de las direcciones espaciales de los objetivos (105) observadas en el primer sensor de dirección espacial (102) con respecto al segundo sensor de dirección espacial (103);
- b) determinar la orientación y/o las coordenadas espaciales de un patrón de los objetivos (107) de una sonda táctil (101), con los objetivos (107) en posiciones conocidas relativas entre sí, en el que al menos tres objetivos (107) de la sonda táctil (101) están en el campo de visión (FOVI) del primer sensor de dirección espacial (102), en relación con el primer sensor de dirección espacial (102), en base a
- la observación de al menos tres objetivos (107) de la sonda táctil (101) por el primer sensor de dirección espacial (102);
 - las posiciones conocidas de los objetivos (107) de la sonda táctil (101) relativas entre sí y a la sonda táctil (101); y
 - una determinación de las direcciones espaciales de los objetivos (107) observadas en la sonda táctil (101) con respecto al primer sensor de dirección espacial (102);
- c) determinar la orientación y/o las coordenadas espaciales de la sonda táctil (101) en relación con el segundo sensor de dirección espacial (103) en base a
- la orientación y/o las coordenadas espaciales del patrón (104) de los objetivos (105) del primer sensor de dirección espacial (102) con respecto al segundo sensor de dirección espacial (103) como se calcula en la característica a); y
 - la orientación y/o las coordenadas espaciales del patrón de los objetivos (107) de la sonda táctil (101) con respecto al primer sensor de dirección espacial (102) como se calcula en la característica b).



(Técnica anterior)

Fig. 1

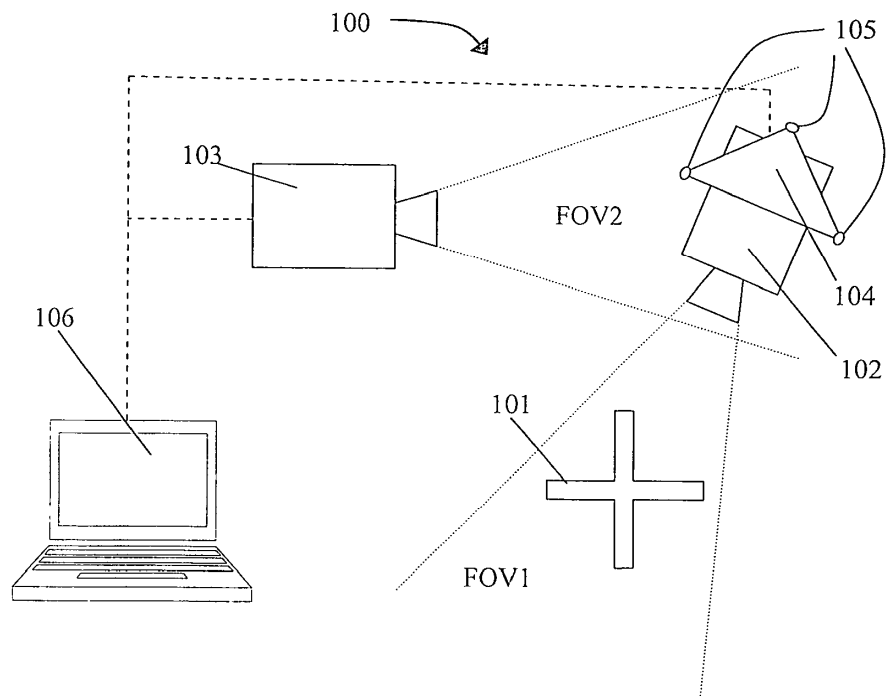


Fig. 2

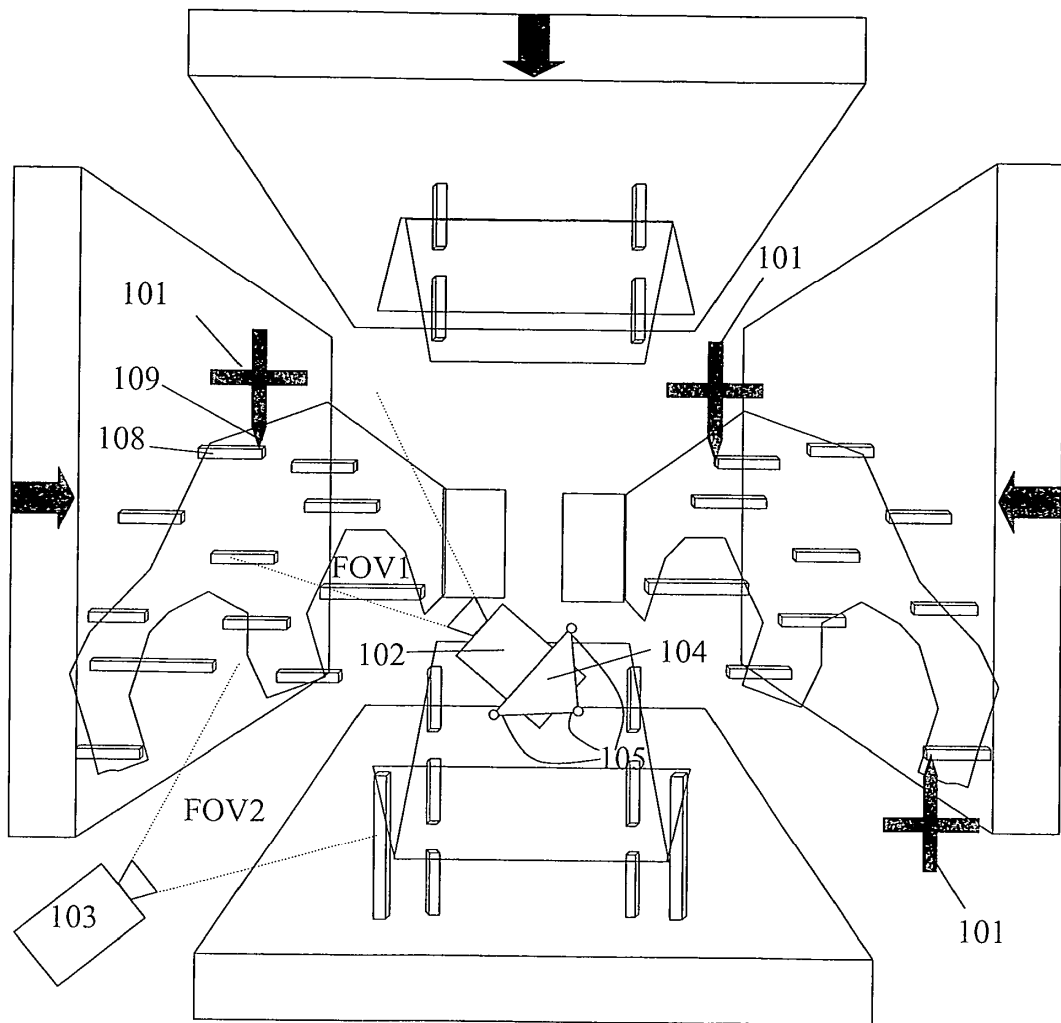


Fig. 3

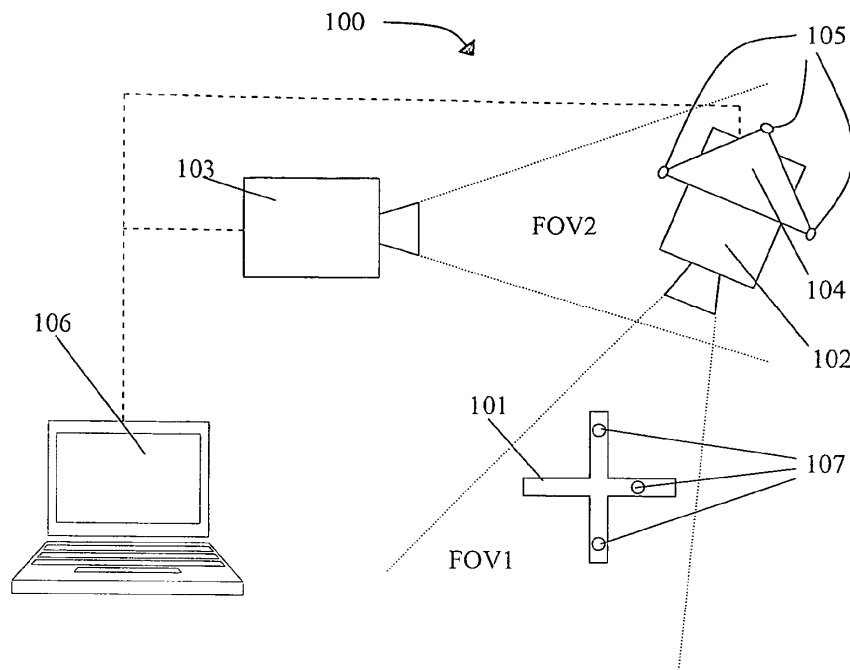


Fig. 4

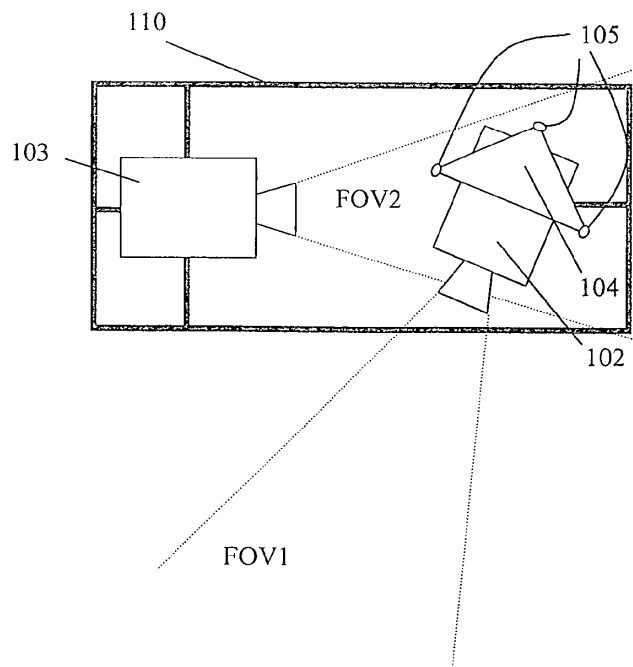


Fig. 5

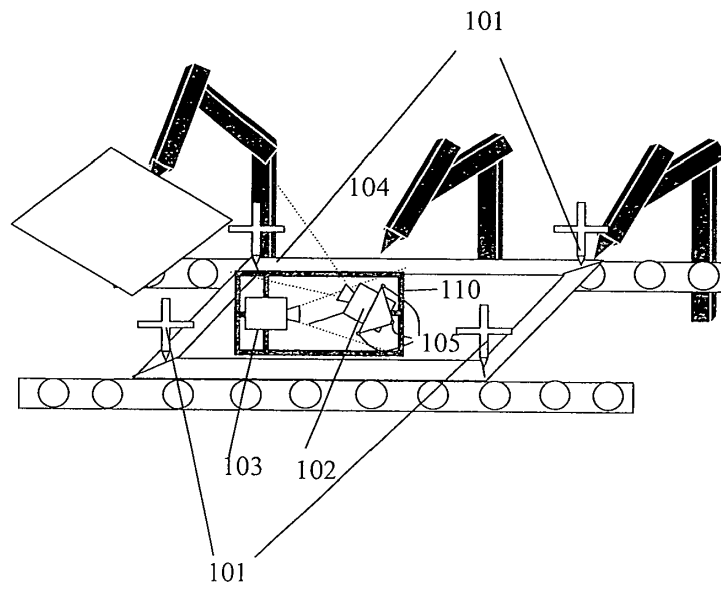


Fig. 6

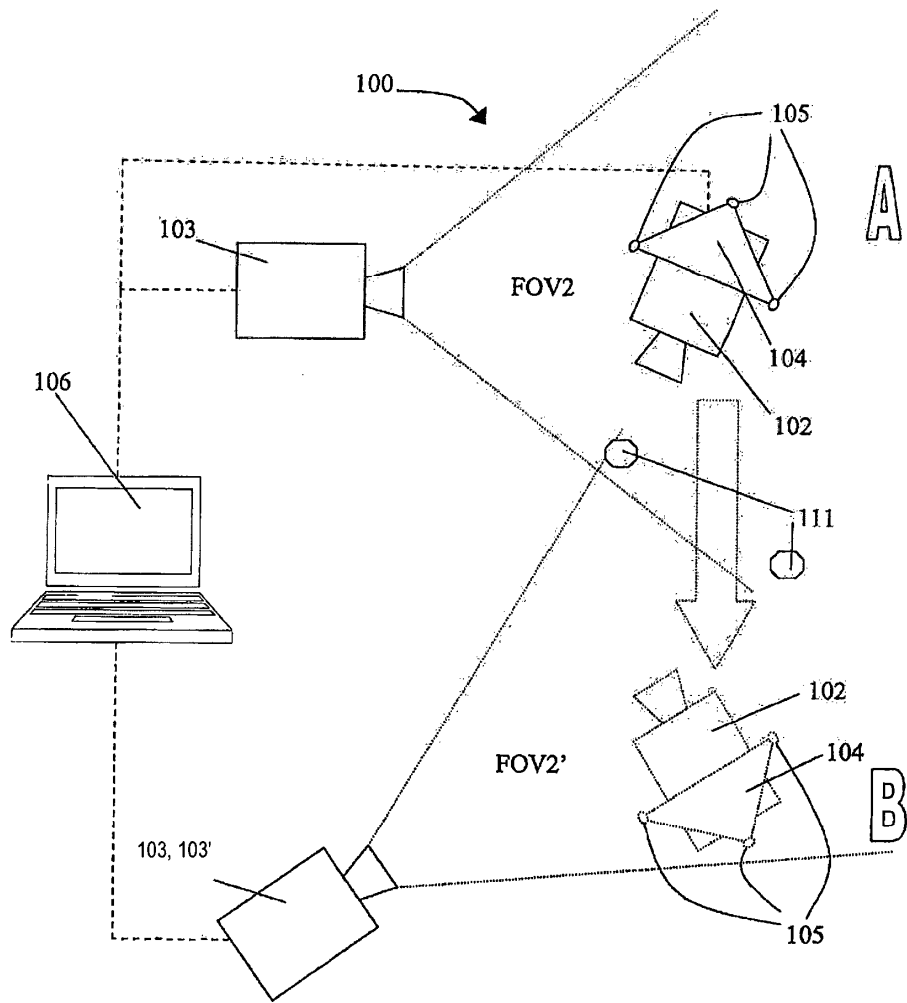


Fig. 7

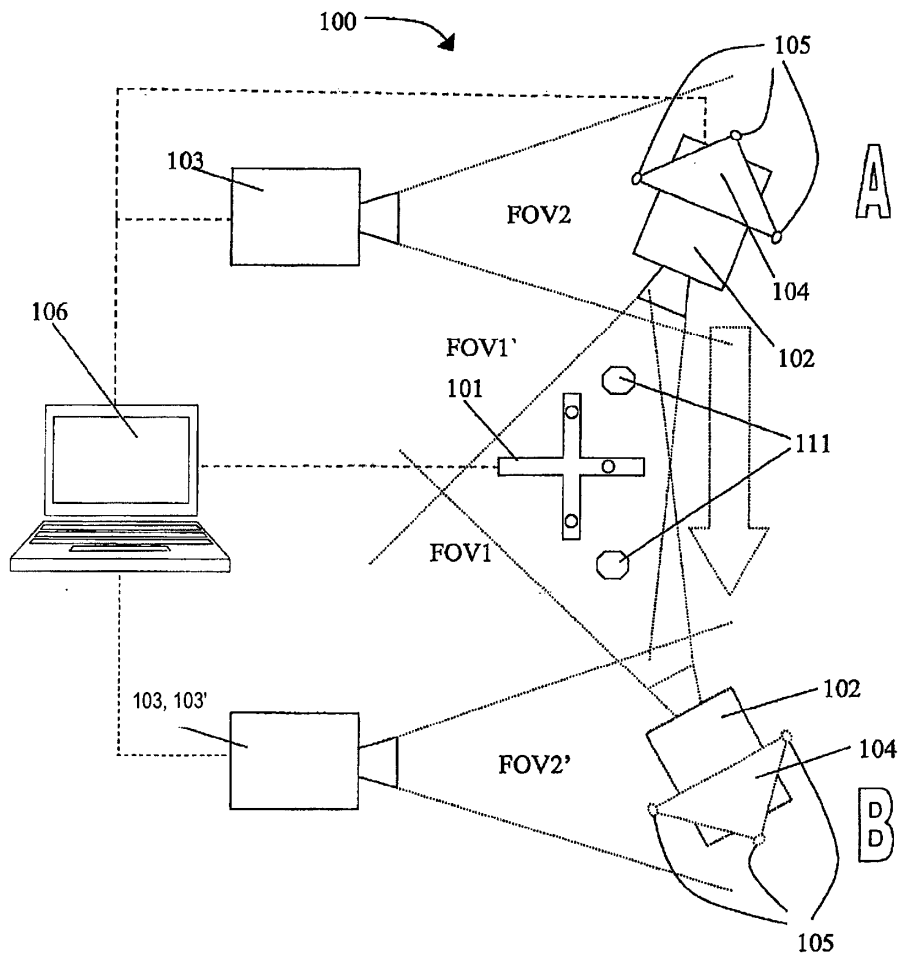


Fig. 8