



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 434**

51 Int. Cl.:  
**G01B 11/25** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03720517 .6**

96 Fecha de presentación : **23.04.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1497613**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.01.2005**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar las coordenadas espaciales de un artículo.**

30 Prioridad: **24.04.2002 DE 102 19 054**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**08.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**08.04.2011**

73 Titular/es: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung  
der Angewandten Forschung e.V.  
Hansastraße 27C  
80686 München, DE**

72 Inventor/es: **Notni, Günther;  
Heinze, Mathias y  
Kühmstedt, Peter**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 356 434 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

La invención se refiere a un procedimiento para determinar las coordenadas espaciales de un artículo según el preámbulo de la reivindicación independiente así como a un dispositivo para realizar el procedimiento.

5 Para el registro en superficie sin contacto de formas de superficie, geometrías de superficie o coordenadas de puntos seleccionados se utilizan distintos principios ópticos. A este respecto todos los procedimientos tienen en común que la determinación de las coordenadas tridimensionales de un punto de medición de superficie sólo es posible entonces cuando al menos existen tres valores de medición independientes para este punto. Adicionalmente se aceptan suposiciones sobre la geometría del sistema de medición en el resultado.

10 Un procedimiento es la clásica técnica de proyección de bandas que se realiza con una o varias cámaras CCD y un proyector. (Documentos DE 41 20 115 C2, DE 41 15 445 A1). En dispositivos de este tipo se proyectan las líneas de rejilla o secuencias de código Gray en la superficie que va a medirse. Una cámara CCD registra en cada uno de sus elementos receptores la intensidad de un punto de imagen en la superficie. Con algoritmos matemáticos conocidos se calculan valores de medición de fase a partir de los valores de medición de intensidad. Las coordenadas del objeto solicitadas pueden calcularse a continuación a partir de los valores de medición de fase y las coordenadas de imagen de los puntos de medición en el plano de imagen del sistema de grabación. Sin embargo para ello se requiere el conocimiento de la geometría del sistema de medición (parámetros de orientación del proyector y la cámara) así como las propiedades de imagen de la óptica de proyección y de imagen.

15 El número de los parámetros de orientación que van a determinarse puede limitarse considerablemente cuando se usan exclusivamente los valores de medición de fase para el cálculo de coordenadas. En tales sistemas, la posición de un elemento receptor individual en el sistema de grabación determina exclusivamente el sitio de medición, sin embargo no se evalúa como información de medición. Mediante la iluminación de la escena a partir de varias, sin embargo al menos tres direcciones de proyección con líneas de rejilla o también secuencias de código Gray y la observación con una o varias cámaras colocadas de manera fija con respecto al objeto, pueden calcularse por ejemplo coordenadas en caso de geometría conocida del sistema de iluminación. En todos estos sistemas deben registrarse por separado los parámetros del sistema (parámetros de orientación), teniendo lugar esto normalmente mediante una denominada calibración previa del sistema. A este respecto se miden los cuerpos de calibración con geometría conocida, con ayuda de los cuales se conforman los parámetros geométricos de la estructura de medición (documento DE 195 36 297 A1). Este modo de procedimiento siempre es inservible cuando los parámetros geométricos en mediciones adicionales no pueden mantenerse constantes, por ejemplo mediante la influencia de la temperatura o como consecuencia del esfuerzo mecánico del sistema o cuando condicionado por la complejidad de la función de medición se requiere una disposición de sensor variable y por tanto no se tiene en cuenta una medición con disposición establecida previamente.

20 Los procedimientos de medición fotogramétricos superan la dificultad de un procedimiento de medición inicial separado. Como información de medición sirven en este caso las coordenadas de imagen, o sea la posición de los puntos de medición en la cuadrícula del sistema de grabación. A partir de al menos dos posiciones de cámara diferentes deben conocerse las coordenadas de imagen para un punto del objeto. A este respecto es ventajoso, en caso de este procedimiento de medición, que pueda obtenerse por punto de medición un valor de medición excedente, es decir en caso de dos posiciones de cámara existe un valor de medición más que es necesario para el cálculo de las tres coordenadas de un punto. De esta manera es posible, en caso de suficientemente muchos puntos de medición, calcular de manera simultánea coordenadas, parámetros de orientación interiores y exteriores de las cámaras así como parámetros de corrección para la distorsión. Sin embargo resultan dificultades en caso de la localización de los puntos homólogos necesarios para ello, sobre todo para muchos puntos de medición. Para esto, en procedimientos de procesamiento de imágenes costosos, deben colocarse en relación texturas o estructuraciones de superficie a partir de distintas grabaciones (documento DE 195 36 296 A1). Precisamente para un registro en superficie completo de una superficie del objeto no es posible esto con coste justificable. También se requieren marcas como puntos de conexión para la unión de las vistas parciales.

25 En el documento DE 196 37 682 A1 se propone un sistema que supera estos problemas. A este respecto, un sistema de proyección ilumina la escena con una serie de imágenes de banda, compuestas por dos secuencias desplazadas en 90° una con respecto a la otra. Tales imágenes de banda proyectadas en el objeto a partir de dos posiciones distintas permiten, en caso de observación simultánea con una cámara colocada de manera fija, una evaluación según el modelo funcional de la fotogrametría. Resultan inconvenientes de este concepto de sistema sobre todo en caso de medición completa de objetos complejos. Con la complejidad del objeto de medición aumenta también el número de las vistas necesarias. Sin embargo no es conveniente aumentar el número de cámaras, dado que existe una información de medición sólo en un punto del objeto que tanto se ilumina a partir de dos direcciones distintas, como se observa desde la cámara. El ajuste del sistema de medición, es decir el ajuste de las cámaras necesarias se convierte además de ese modo en tanto más difícil cuantas más vistas deban ajustarse. Para funciones de medición complejas, un ajuste de este tipo prospectivo del sistema de sensor no es posible siempre de manera satisfactoria. En caso de procedimientos conocidos es inconveniente además que el resultado de la medición para una estimación no esté a disposición siempre hasta el final del procedimiento de medición completo. A este respecto no es posible una evaluación intermedia y después de manera constructiva una colocación adaptada del proyector y de la(s) cámara(s).

5 Por el documento DE 100 25 741 A1 se conoce un procedimiento para determinar las coordenadas espaciales de artículos y/o su modificación temporal, en el que se ilumina el artículo en cada caso a partir de al menos dos direcciones con una serie de patrones de luz que se registran con una disposición de sensor de resolución bidimensional y concretamente para registrar vistas distintas en posiciones distintas de la disposición de sensor. A este respecto, en caso de una nueva posición de la disposición de sensor se selecciona al menos una dirección de proyección de modo que coincida con una dirección de proyección de la posición anterior de la disposición de sensor. En caso de estas dos direcciones de proyección, los valores de medición de fase son idénticos y a partir de ello puede determinarse una norma de conexión entre los puntos de registro de la disposición de sensor en la posición nueva y la anterior. Este sistema puede autocalibrarse, es decir no debe conocerse antes de una medición ninguna variable del sistema geométrica u óptica, o debe calibrarse previamente. La calibración tiene lugar en caso de este procedimiento conocido durante la medición, es decir la cámara de calibración es simultáneamente la cámara de medición. Este procedimiento no es satisfactorio por ejemplo en caso de objetos complejos, dado que no han de evitarse sombreados.

10 La invención se basa en el objetivo de crear un procedimiento para determinar las coordenadas espaciales de un artículo, con el que es posible una medición de artículos complejos sin marcas o texturas, sin la localización de puntos homólogos y sin que deban conocerse variables del sistema geométricas u ópticas o deban calibrarse previamente, no estando limitado el número de posibles direcciones de grabación por el número de cámaras y pudiendo reducirse el tiempo de medición.

15 Este objetivo se soluciona según la invención mediante las características de la reivindicación independiente.

20 Dado que los patrones de luz proyectados en el artículo a partir de las al menos dos direcciones se registran por puntos como imagen no sólo en cada caso por un primer dispositivo de registro asignado sino adicionalmente por al menos un segundo dispositivo de registro, permaneciendo el al menos un segundo dispositivo de registro fijo con respecto al artículo que va a medirse y no se traslada como el dispositivo de proyección y el primer dispositivo de registro y dado que a partir de los puntos de los patrones de luz proyectados, registrados con el segundo dispositivo de registro se determinan al menos cuatro valores de medición de fase, a partir de los cuales se determinan los parámetros del dispositivo de proyección para todas las direcciones de proyección, es posible realizar una calibración del sistema de manera separada a la medición. El artículo puede registrarse a partir de cualquier número de direcciones debido a la disposición de sensor que puede moverse libremente, compuesta por el dispositivo de proyección y el primer dispositivo de registro. Los datos necesarios para la calibración se registran durante la grabación del valor de medición realizándose una separación entre la cámara de calibración estacionaria y la cámara de medición móvil. Esto aumenta la flexibilidad de la disposición de medición en el sentido de un sensor móvil. El número de vistas del objeto que van a digitalizarse es en principio libre y no se limita al número de las cámaras usadas, sino que puede seleccionarse mayor. Mediante la autocalibración, la disposición de sensor medidora puede estar sujeta a modificaciones mecánicas durante el transcurso de medición sin que éstas influyan en el resultado de medición.

25 Dado que para la determinación de los parámetros geométricos del dispositivo de proyección son necesarios cuatro valores de medición de fase, para la del primer dispositivo de registro sólo dos valores de medición de fase y para el cálculo de las coordenadas tridimensionales sólo un valor de medición de fase, puede acortarse considerablemente el tiempo de medición.

30 Mediante las medidas indicadas en las reivindicaciones dependientes son posibles mejoras y perfeccionamientos ventajosos.

35 En total pueden medirse con el procedimiento según la invención artículos complejos. No se precisa de ninguna marca de registro proyectada de manera especial o fija al objeto o tampoco propiedades del objeto especiales para la localización de los puntos homólogos para el montaje de imágenes. Por este motivo se suprimen completamente los procedimientos de adaptación costosos. Por el contrario están a disposición sobre la cuadrícula de píxeles de la(s) cámara(s) de calibración estacionaria(s) marcas virtuales libres. Por consiguiente se evita una interacción del objeto. Pueden construirse sistemas de medición automáticos técnicamente muy sencillos. A pesar de ello, éstos pueden registrar completamente y en superficie objetos complejos. Para la modificación de ubicación de la disposición de sensor no son necesarios sistemas de manejo o medios de guiado precisos, caros. Para la asignación de zonas parciales a la imagen tridimensional total no es necesario ningún solapamiento de las zonas parciales registradas en cada caso con la disposición de sensor.

40 La invención está representada en el dibujo y se explica con mayor detalle en la siguiente descripción. Muestra:

- 45 la figura 1 una representación esquemática del transcurso de medición de manera correspondiente al procedimiento según la invención,
- 50 la figura 2 un primer ejemplo de realización de un dispositivo de medición usado en el procedimiento según la invención,

- la figura 3 un segundo ejemplo de realización de un dispositivo para realizar el procedimiento según la invención,
- la figura 4 un tercer ejemplo de realización de un dispositivo de medición para realizar el procedimiento según la invención,
- 5 la figura 5 un cuarto ejemplo de realización de un dispositivo de medición para realizar el procedimiento según la invención,
- la figura 6 un quinto ejemplo de realización de un dispositivo de medición para realizar el procedimiento según la invención, y
- 10 la figura 7 un sexto ejemplo de realización de un dispositivo de medición para realizar el procedimiento según la invención.

15 El procedimiento según la invención se describe a continuación recurriendo a las figuras 1, 2 y 3. El objeto o el artículo 1 que va a medirse está fijado por ejemplo en una mesa de medición y se ilumina por un proyector 3 que constituye un componente de una disposición de sensor 2 en un trípode. Una cámara 4 que constituye igualmente un componente de la disposición de sensor 2 graba la imagen del objeto 1 iluminado o de la zona del objeto. En el ejemplo de realización, el dispositivo de registro configurado como cámara es una cámara CCD en un trípode.

20 En la figura 2, el proyector 3 y la cámara 4 están independientes entre sí, mientras que en la figura 3, el proyector 3 y la cámara 4 están conectados de manera fija entre sí en un trípode, lo que conduce a una simplificación de la grabación del valor de medición. Las figuras 2 y 3 muestran la disposición de sensor 2 en dos posiciones distintas, estando representada la posición 1 con líneas continuas y estando realizada la posición 2 con líneas discontinuas.

25 El proyector 3 proyecta en el objeto 1 que va a medirse o una zona del objeto patrones de luz que están configurados como rejillas de líneas y/o secuencias de código Gray. La cámara 4 registra en cada uno de sus elementos receptores la intensidad de las imágenes de bandas reproducidas en el objeto 1 como valores de medición. A continuación se hace girar la rejilla y/o la secuencia de código gray 90° y se proyecta de nuevo en el artículo 1, encontrándose el eje de giro paralelo al eje óptico del sistema de proyección.

Además se prevé una denominada cámara de calibración 5 que está configurada igualmente como cámara CCD y graba imágenes del objeto 1 o de una zona del objeto. En lugar de la cámara de calibración pueden preverse fotodetectores y dado que deben grabarse sólo un número limitado de puntos de medición, deben usarse como mínimo sólo tres fotodetectores.

30 En la figura 1 están representados los principales números de referencia en el transcurso de la medición. Desde la posición de sensor 1, que se caracteriza en las figuras 2 y 3 con líneas continuas, se proyectan, tal como se realizó anteriormente, patrones de luz por medio del proyector 3 en el objeto 1 de tal manera que se obtienen dos campos de fase girados uno con respecto al otro en un ángulo (en el óptimo en 90°), mediante lo cual cada punto de medición se señala en el objeto 1 con dos valores de fase. El proyector 3 proyecta por ejemplo en el objeto 1 que va a medirse o una zona del objeto una serie de dos secuencias de estructura de secuencias de código Gray y/o líneas de rejilla con desplazamiento de fase, presentando las dos secuencias el giro una con respecto a la otra de 90°. Al igual que la cámara de medición 4, la cámara de calibración 5 graba en cada uno de sus elementos receptores los valores de medición de intensidad de las imágenes individuales de las secuencias.

40 Con algoritmos conocidos de la evaluación de imagen de bandas pueden calcularse a partir de las imágenes registradas con la cámara de medición 4 y la cámara de calibración 5 valores de medición de fase, que corresponden a la coordenadas en el plano de la rejilla del sistema de proyección, en cada punto de píxel de cámara tanto para la cámara de medición 4 como para la cámara de calibración 5, obteniéndose hasta dos valores de medición de fase por dirección de iluminación mediante el tipo seleccionado de proyección de bandas, por ejemplo secuencias de rejilla giradas en el punto observado del artículo 1.

45 En la siguiente etapa se desplaza la disposición de sensor 2 desde la posición de sensor 1 hacia otra cualquiera posición, estando representada esta posición 2 en la figura 2 y la figura 3 mediante las líneas discontinuas. A este respecto, la posición de la cámara de calibración 5 permanece inalterada con respecto al artículo 1. Desde esta nueva posición de la disposición de sensor 2 se proyectan desde el proyector 3 secuencias de estructura o líneas de rejilla adicionales de la misma manera, tal como se realizó anteriormente, en el objeto 1 o la zona del objeto, grabando simultáneamente de nuevo tanto la cámara de medición 4 como la cámara de calibración 5 las secuencias de imagen o partes de las mismas.

50 Este procedimiento de trasladar la disposición de sensor 2 hacia posiciones adicionales puede repetirse hasta que cada zona del artículo que va a medirse se registre al menos una vez por la disposición de sensor 2, es decir que se haya iluminado por el proyector 3 y simultáneamente se haya observado con la cámara de medición 4. A este respecto puede realizarse la grabación del valor de medición en las distintas posiciones consecutivamente y a continuación los cálculos necesarios. Sin embargo, también pueden realizarse cálculos tras cada nueva posición.

La disposición de sensor 2 y la cámara de calibración 5 están conectadas con una unidad de evaluación en la que se realizan los cálculos matemáticos necesarios para determinar las coordenadas tridimensionales del artículo. Para ello se requiere que para la evaluación de la información de fase se conozcan los parámetros geométricos del sistema de proyección. La colocación espacial de las posiciones del proyector individuales se establece mediante seis parámetros de orientación exteriores (tres coordenadas de los centros de proyección, tres ángulos de giro de Euler alrededor de los ejes de coordenadas girados conjuntamente). Para el cálculo de estas variables geométricas se establece un sistema de ecuaciones con modelos funcionales de la métrica de programas. Como variables de partida sirven los cuatro valores de fase medidos o calculados a partir de los valores de medición. También se comprueba la colocación espacial de la cámara de medición 4, que se determina igualmente mediante parámetros de orientación, a través de la unidad de evaluación. A este respecto se usan los conocimientos sobre el dispositivo de proyección así como dos valores de medición de fase.

El procedimiento de evaluación se explicará a continuación recurriendo a la figura 1. Tal como ya se realizó, la condición básica para la evaluación de datos es que el proyector 3 señalice las zonas del artículo 1 observadas por la cámara de calibración 5 estacionaria a partir de al menos dos posiciones. Además debe considerarse que los valores de medición de intensidad para todas las posiciones de iluminación desde la cámara de calibración 5 siempre deben registrarse en el mismo punto de objeto  $O_k$  en la superficie del artículo 1, es decir no puede tener lugar ningún movimiento relativo entre el artículo 1 y la cámara de calibración 5. En la figura 1 se representa esta condición mediante los haces 6, 7, 8, que se encuentran todos en el punto del objeto  $O_k$ . Por el contrario, la cámara de medición 4 movida conjuntamente registra para cada posición 1 ( $1 = 1 \dots n$ ) distintas zonas  $O_1$ . Para simplificar se muestra en la representación esquemática de la figura 1 a partir de estas zonas del objeto siempre un sólo punto  $O_1$  u  $O_2$ .

La evaluación del procedimiento de medición para determinar las coordenadas tridimensionales de la superficie del artículo 1 es un procedimiento de tres etapas. A este respecto se calculan básicamente en primer lugar todas las posiciones del proyector, es decir se calibran, después se calculan todas las posiciones de la cámara de medición y posteriormente las coordenadas tridimensionales de las coordenadas del artículo registradas desde las posiciones de la disposición de sensor 2. Esto se lleva a cabo, tal como se realizó anteriormente, tras la grabación del valor de medición total o entre la grabación del valor de medición en distintas posiciones.

Primera etapa de evaluación:

En una primera etapa de evaluación se calculan, usando las coordenadas de imagen del proyector ( $\xi_{i,k}^P, \eta_{i,k}^P$ ) grabadas con la cámara de calibración 5 estacionaria en los elementos de imagen ( $i^m k, j^m k$ ), es decir valores de medición de fase que describen el punto del objeto  $O_k$ , los parámetros de orientación exteriores e interiores para todas las posiciones del proyector 1 por medio de procedimientos conocidos de compensación de un bloque por haces. Para esto la condición básica es, tal como se realizó anteriormente, que para la cámara estacionaria esté a disposición al menos cuatro imágenes de fase que se generaron en la proyección a partir de al menos dos posiciones del proyector 1 distintas. Por consiguiente para cada posición del proyector se calculan los seis parámetros de orientación exterior que sirven como parámetros geométricos de los proyectores y describen la colocación espacial de las posiciones del proyector individuales. Este cálculo puede entenderse como calibración. Por consiguiente, la cámara de calibración sirve como cámara de vista general para registrar los puntos homólogos o sus píxeles como "puntos homólogos virtuales".

Hasta el momento se ha hablado sólo de una cámara de calibración 5. Sin embargo puede preverse una pluralidad de cámaras de calibración 5 que están relacionadas de manera fija con el punto del objeto, designándose el número de cámaras con  $m$  ( $m \geq 1$ ). Estas cámaras de calibración 5 están dispuestas en posiciones de observación distintas y por consiguiente puede registrarse una zona del objeto mayor, es decir pueden medirse artículos más complejos.

Segunda etapa de evaluación:

En la posición 1 de la disposición de sensor 2, la cámara 4 graba el artículo 1 con su cuadrícula de elementos receptores, tomándose en este caso un punto  $O_1$  de la zona que se caracteriza por los haces 9 y 10. En el punto de píxel ( $\xi_{1,1}^K, \eta_{1,1}^K$ ) de la cámara 4 se obtienen dos informaciones de medición ( $\xi_{1,1}^P, \eta_{1,1}^P$ ) en forma de valores de medición de fase que corresponden a las coordenadas de imagen del proyector en el plano de rejilla. A partir de estas informaciones y los parámetros de orientación del proyector 3 calculados en la primera etapa de evaluación en la posición 1 se calculan los parámetros de orientación de la cámara de medición 4 en la posición 1 mediante una compensación por haces libre. Es decir la cámara de medición se calibra con respecto a su posición. A este respecto no se usa sólo un punto  $O_1$  de la zona del objeto registrada, sino que pueden usarse hasta  $(i \times j)$  puntos, siendo  $i \times j$  el número de píxeles de la cámara de medición 4 en dirección de filas y columnas.

Según esto están a disposición los parámetros de orientación necesarios que describen la disposición de sensor 2 en la posición 1, calibrándose con la primera etapa de evaluación el proyector 3 y con la segunda etapa de evaluación la cámara 4 en esta posición.

Tercera etapa de evaluación:

5 Con el uso de los parámetros de orientación del proyector 3 y de la cámara 4 en la posición 1 se calculan, mediante triangulación clásica a partir de las imágenes de fase, las coordenadas tridimensionales del punto  $O_1$  y de manera correspondiente de todos los puntos del objeto ( $i \times j$ ) que pueden verse desde la cámara 4 en esta posición 1 o vista 1. Dado que el punto del objeto se señaló mediante dos secuencias de rejilla y por consiguiente están a disposición dos imágenes de fase, sin embargo sólo es necesario un valor de medición de fase, existe en principio la posibilidad de calcular dos veces cada punto y compensar mediante una determinación del promedio, mediante lo cual aumenta la precisión de medición de coordenadas.

10 Las etapas de evaluación dos y tres se realizan para la posición 2 de la disposición de sensor 2 y a continuación gradualmente para todas las posiciones siguientes. En consecuencia se obtiene una nube de puntos tridimensional del artículo con la cámara de medición 4 a partir de posiciones de observación 1 y cuando está presente una pluralidad de cámaras de calibración 5 adicionalmente a partir de  $m$  posiciones de observación.

15 En las figuras 4 a 7 están representadas posibilidades adicionales de un dispositivo para realizar el procedimiento. En la figura 4 está fijada una pluralidad de cámaras de calibración 5 a un armazón 11, bajo el que está dispuesto el objeto 1 y que está compuesto de dos elementos de soporte 12 dispuestos de manera paralela de tipo portal y un travesaño 13 que conecta los elementos de soporte 12. Al travesaño 13 está fijada la disposición de sensor 2 en una pieza giratoria 14 que puede girar en todas las direcciones espaciales, pudiéndose modificar también la cámara y/o el proyector 3 en su ángulo con respecto a la vertical.

20 En la figura 5 está dispuesto el artículo 1 en una mesa de medición 15 y una cámara de calibración 5 está fijada por encima del objeto de manera fija a un armazón 16. La disposición de sensor 2 está fijada a su vez a una unidad giratoria 17 en cuyo eje de giro se encuentra la mesa de medición 16. Por consiguiente, la disposición de sensor se hace girar en un ángulo con respecto a la vertical alrededor del artículo 1.

25 En la figura 6 está configurada la mesa de medición en forma de una mesa giratoria 18 que puede girarse con respecto a una base 19. A la mesa giratoria está fijada a través de un brazo 20 la cámara de calibración 5 de tal manera que se encuentra sobre el artículo 1. La cámara de medición 4 y el proyector 3 de la disposición de sensor 2 están fijados a una viga 21 que está conectada de manera fija con la base 19.

30 Finalmente en la figura 7 está representado un dispositivo adicional para realizar el procedimiento. A este respecto, la disposición de sensor 2 está fijada a una pista de guiado 22 circular que puede girar alrededor del objeto 1 de tal manera que puede colocarse libremente y puede moverse en la pista de guiado en el semicírculo, pudiendo girar libremente la pista de guiado 22 alrededor del objeto 1 en un ángulo de hasta  $360^\circ$ . A un armazón 23 que rodea la pista de guiado se fija una pluralidad de cámaras de calibración 5. Por consiguiente puede registrarse tanto el lado superior como el inferior del artículo 1.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar las coordenadas espaciales de un artículo, en el que el artículo se ilumina con un dispositivo de proyección a partir de al menos dos direcciones con patrones de luz, y los patrones de luz proyectados en el artículo se registran por puntos con un primer dispositivo de registro de resolución bidimensional, determinándose valores de fase para los respectivos puntos registrados de la superficie del artículo y usándose éstos para calcular parámetros geométricos y coordenadas espaciales de los puntos, **caracterizado porque** los patrones de luz proyectados en el artículo a partir de las al menos dos direcciones o partes de los mismos se registran por puntos adicionalmente por al menos un segundo dispositivo de registro, permaneciendo la al menos una segunda disposición de registro fija con respecto al artículo que va a medirse y porque a partir de los puntos de los patrones de luz proyectados registrados con el segundo dispositivo de registro se determinan al menos cuatro valores de medición de fase, a partir de los cuales se calculan los parámetros geométricos del dispositivo de proyección para las al menos dos direcciones de proyección.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** tras determinar los parámetros geométricos del dispositivo de proyección se calculan los parámetros geométricos del primer dispositivo de registro usando los parámetros geométricos del dispositivo de proyección en la respectiva dirección de proyección y al menos dos valores de medición de fase, que se determinan a partir de los patrones de luz proyectados a partir de la respectiva dirección, registrados con el primer dispositivo de registro.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** usando los parámetros geométricos determinados anteriormente del dispositivo de proyección y el primer dispositivo de registro y al menos un valor de medición de fase, que se determina a partir de los patrones de luz proyectados a partir de la respectiva dirección, registrados con el primer dispositivo de registro, se calculan las coordenadas tridimensionales de los respectivos puntos del artículo.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** tras proyectar los patrones de luz a partir de una primera dirección y registrar la vista del artículo a partir de una primera dirección se trasladan el dispositivo de proyección y el primer dispositivo de registro para proyectar a partir de una segunda dirección y registrar otra vista del artículo a partir de una segunda dirección desde una primera posición hacia una segunda posición.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** para medir diferentes vistas del artículo se trasladan el dispositivo de proyección y el primer dispositivo de registro juntos hacia diferentes posiciones.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** los parámetros geométricos del dispositivo de proyección y del primer dispositivo de registro son parámetros de orientación.
7. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** se usan dos valores de medición de fase y se calcula dos veces cada coordenada espacial y se realiza una determinación del promedio.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el artículo se ilumina a partir de cada dirección de proyección en una primera etapa con una rejilla de líneas y/o secuencias de código Gray y en una segunda etapa con la rejilla de líneas girada 90° con respecto a la dirección de proyección y/o las secuencias de código Gray giradas 90°.
9. Dispositivo para realizar el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8 con al menos una disposición de sensor, que presenta un dispositivo de proyección que proyecta patrones de luz y un primer dispositivo de registro de resolución bidimensional para registrar un artículo iluminado con los patrones de luz, con al menos un segundo dispositivo de registro para registrar el artículo iluminado con los patrones de luz, con una mesa de medición que soporta al artículo que va a medirse y una unidad de evaluación para determinar parámetros del sistema de medición y/o coordenadas espaciales del artículo, estando fijo el al menos un segundo dispositivo de fijación con respecto al artículo alojado en la mesa de medición y pudiendo moverse la disposición de sensor y el artículo relativamente uno con respecto al otro.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el dispositivo de proyección y el primer dispositivo de registro de la disposición de sensor están conectados de manera fija entre sí.
11. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el dispositivo de proyección y el primer dispositivo de registro de la disposición de sensor pueden trasladarse y/o moverse independientemente entre sí.
12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado porque** la disposición de sensor está dispuesta en una unidad giratoria, en cuyo punto central se encuentra la mesa de medición y la disposición de sensor realiza un movimiento de giro con respecto al artículo.
13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado porque** la mesa de medición puede girarse y al menos un segundo dispositivo de registro está conectado de manera fija con la mesa de medición

giratoria, mientras que la disposición de sensor está dispuesta de manera fija.

14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado porque** la disposición de sensor está fijada de manera que puede colocarse libremente a una pista de guiado que puede girar alrededor de la mesa de medición preferiblemente en 360°C.

5 15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 14, **caracterizado porque** se prevé una pluralidad de segundos dispositivos de registro fijos a la mesa de medición.

16. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 15, **caracterizado porque** el segundo dispositivo de registro presenta al menos tres fotodetectores.

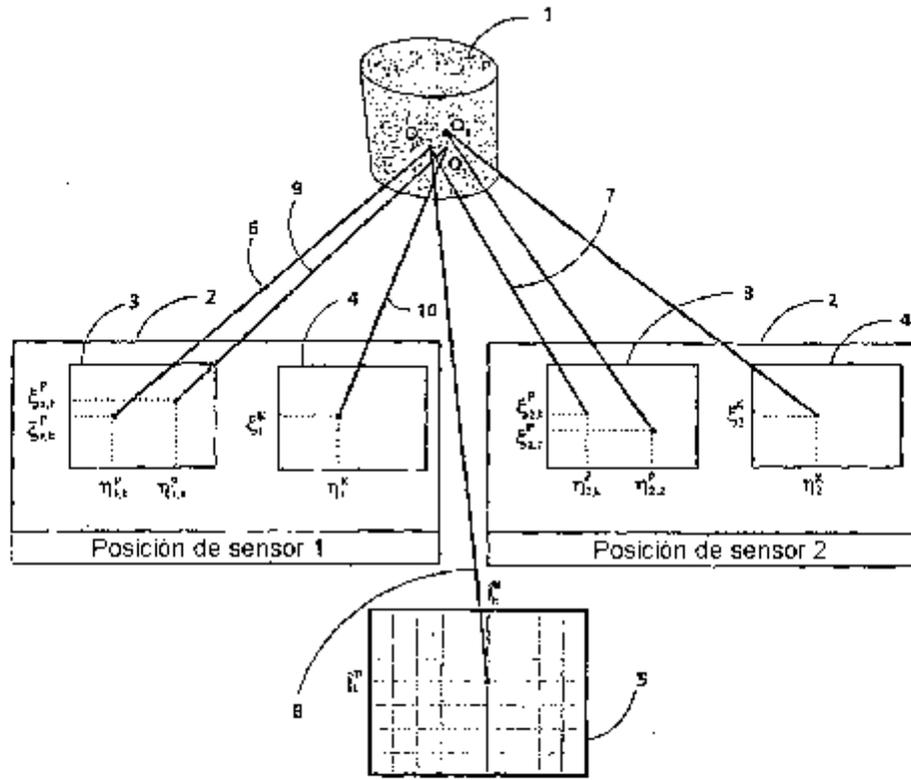


Fig.1.

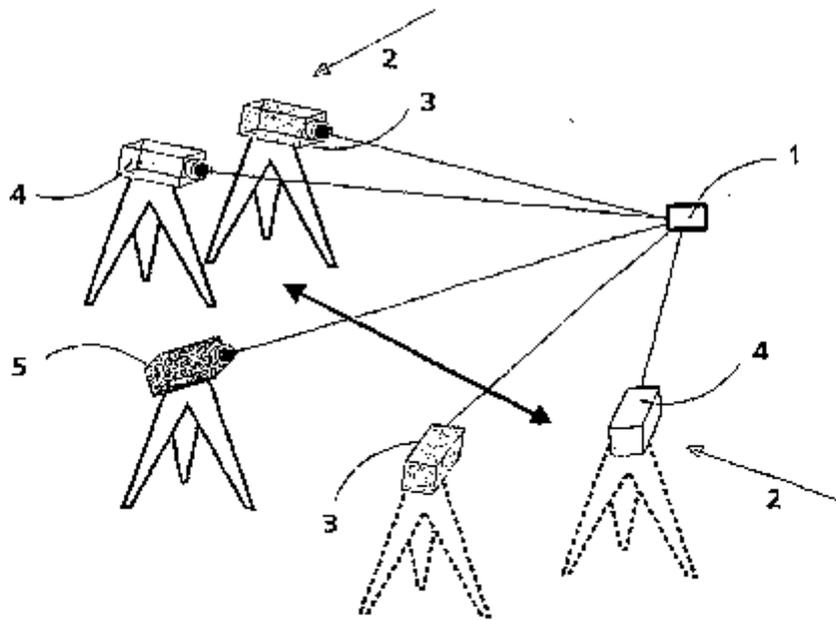


Fig.2

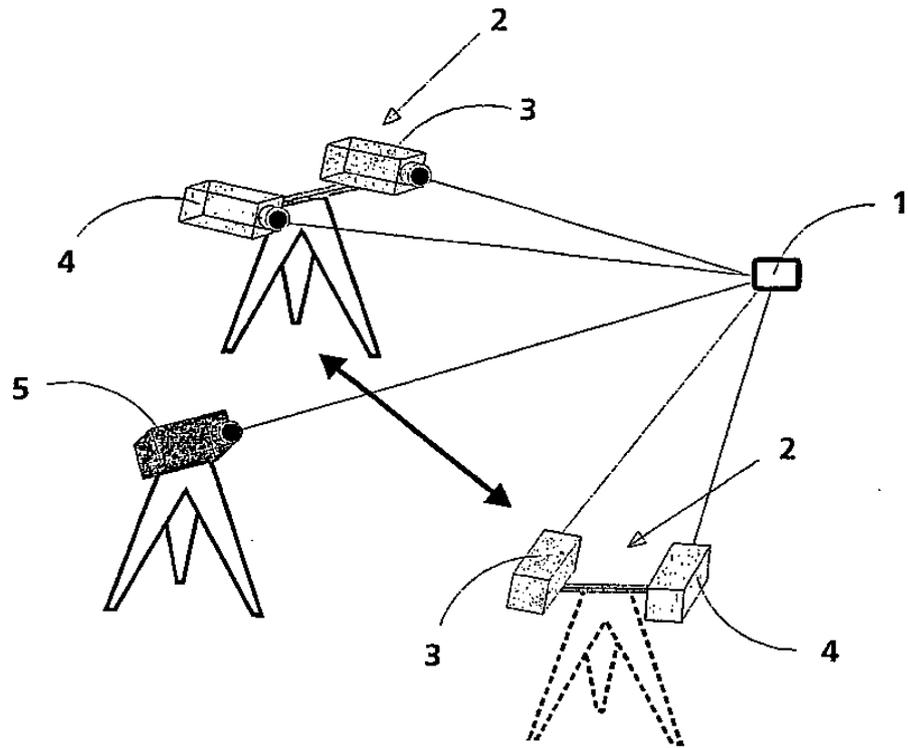


Fig.3

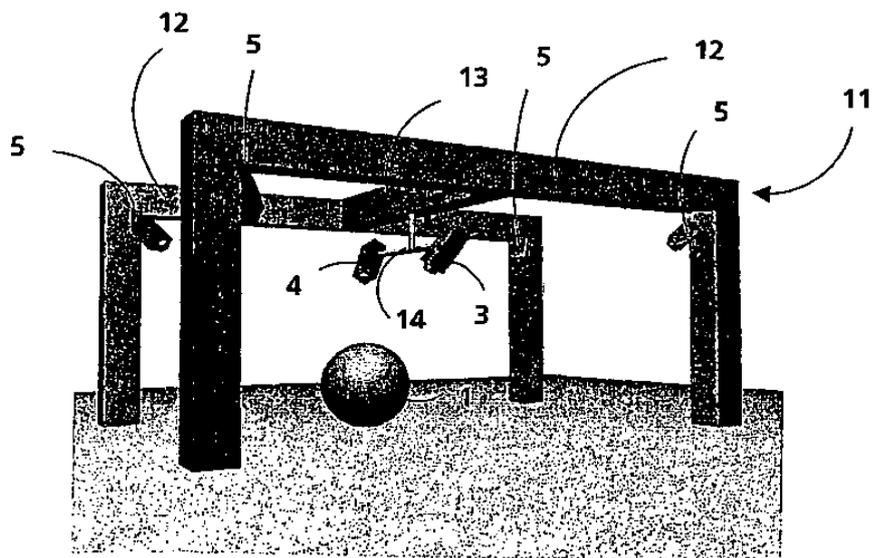


Fig.4

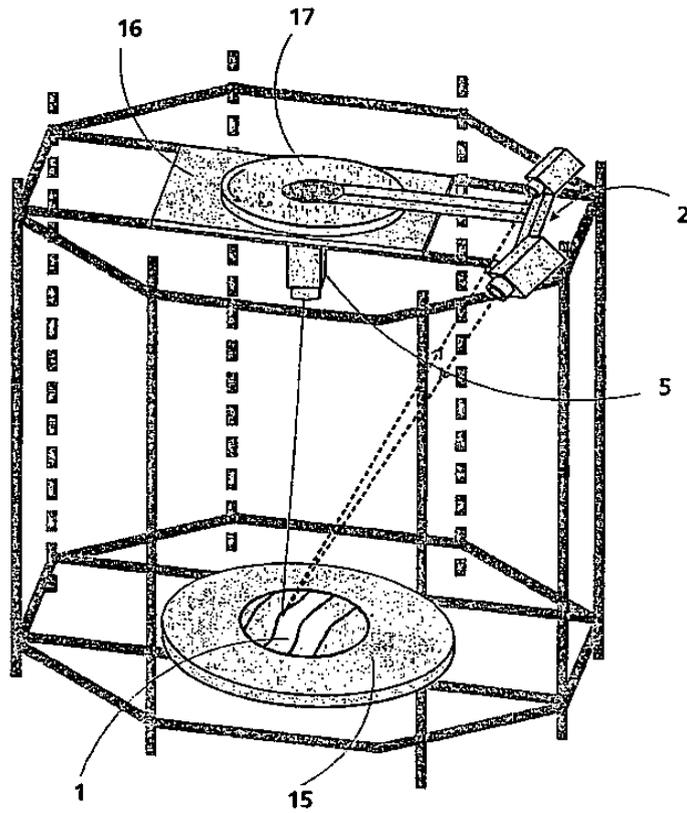


Fig.5

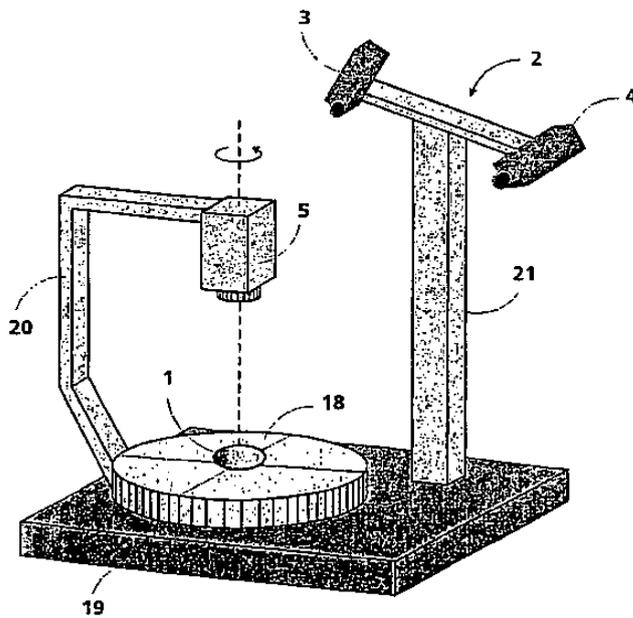


Fig.6

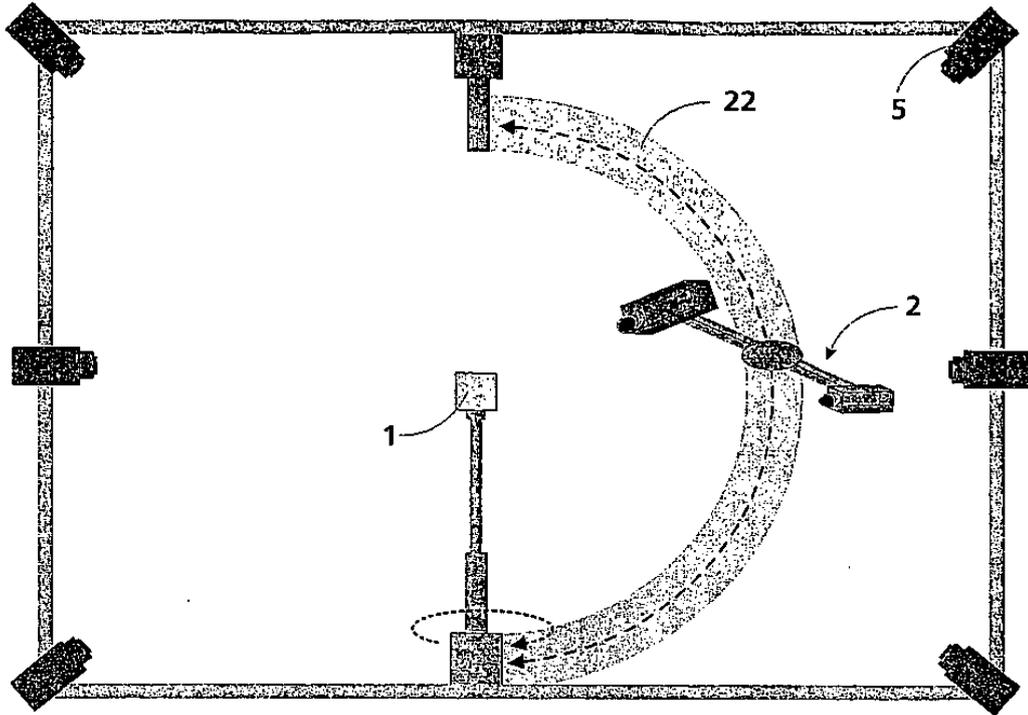


Fig.7