

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 978 302**

51 Int. Cl.:

G01N 21/88 (2006.01)

G01N 21/94 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2018** **E 18200558 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2024** **EP 3640628**

54 Título: **Método para controlar una superficie de un objeto de prueba**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.09.2024

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastr. 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**CARL, DANIEL;
BRANDENBURG, ALBRECHT y
BASLER, CARL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 978 302 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

Método para controlar una superficie de un objeto de prueba

5 La presente invención se refiere a un método para controlar una superficie de un objeto de prueba.

Los sistemas para controlar superficies de objetos de prueba se utilizan en diferentes ocasiones. Con la ayuda de la superficie de un objeto de prueba se puede obtener distinta información. Por ejemplo, mediante una prueba de este tipo se puede determinar la calidad de un producto y/o del proceso de producción. En otros casos, la superficie permite
10 verificar la autenticidad de un producto. Esto es especialmente importante para los productos que se fabrican en grandes cantidades y/o con tiempos de ciclo cortos, ya que aquí, por ejemplo, se pueden ocasionar grandes gastos financieros debido a indemnizaciones por daños, recuperación de un producto o destrucción.

Por el estado de la técnica, por ejemplo, se conocen sistemas que miden recubrimientos, contaminación o defectos, sin contacto, en el ciclo de producción. En este caso, en primer lugar el sistema utiliza luz UV para estimular la fluorescencia propia de una sustancia deseada o no deseada en una superficie del objeto de prueba y, a continuación, hace visible la radiación fluorescente emitida. Debido a esto, se pueden detectar, por ejemplo, recubrimientos deseados o residuos no deseados.
15

Una desventaja de la solución anterior, entre otras cosas, reside en que los objetos que deben controlarse requieren una manipulación especial para la medición en el ciclo de producción. La manipulación, por ejemplo, puede consistir en que el objeto de prueba primero se mida situado sobre una cinta transportadora. A continuación, situado sobre la cinta transportadora, es rotado hacia otro lado y después de esto es medido de nuevo. Esto debe repetirse hasta que se hayan medido todos los lados deseados del objeto de prueba.
20

Por el documento US 2018/0029085 A1 se conocen un método y un dispositivo para la clasificación de objetos, que proporcionan una detección de datos de imagen de alta velocidad para reunir diferentes flujos de datos en tiempo real, mientras que se evitan interferencias destructivas cuando se utilizan sensores o detectores individuales para proporcionar datos sobre características internas o externas, y propiedades y calidades de objetos de prueba.
25

Además, por el documento PL 208 618 B1 se conoce un dispositivo para la inspección óptica automática de objetos de prueba. Este dispositivo comprende una cámara de análisis, cámaras conectadas a un ordenador, una fuente de alimentación, un sistema de selección de detalles, en el que las cámaras están dispuestas en la cámara de análisis, en el que una lente está orientada hacia el centro de la cámara de análisis cilíndrica, en el que el sistema de puesta a disposición de detalles está dispuesto sobre la parte superior de la cámara de análisis cilíndrica, la parte del dispositivo de selección de detalles y el exterior de la cámara cilíndrica.
30
35

El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un método para controlar una superficie de un objeto de prueba desde una pluralidad de lados, que no requiera una manipulación compleja para posicionar el objeto de prueba.
40

Según la invención, el objeto se consigue mediante un método según la reivindicación 1.

La presente invención se basa en la siguiente idea básica: Un objeto de prueba vuela sin un esfuerzo de manipulación sobre una sección de prueba de objeto y, por lo tanto, se puede analizar desde todos los lados durante el vuelo. El objeto consiste en controlar un objeto de prueba en cuanto a si su superficie muestra una fluorescencia o no. Además, en una realización, el control de objeto se configura de modo que este, a partir de la intensidad de la radiación luminiscente, permite una deducción del espesor del recubrimiento o de la suciedad. Además, se pretende detectar la distribución espacial del recubrimiento/suciedad en la superficie. A este respecto, la fluorescencia que debe observarse puede provenir del material de la superficie del propio objeto de prueba o de una sustancia sobre la superficie, como por ejemplo de un recubrimiento o una contaminación del objeto de prueba. Son posibles casos en los que una fluorescencia indique una contaminación de la superficie, pero también casos en los que una fluorescencia indique un recubrimiento deseado existente. A este respecto, el objeto de prueba es todo el objeto o el objeto con una capa no deseada que se encuentra sobre el mismo o un recubrimiento aplicado específicamente sobre el mismo.
45
50

Deben resolverse tres desafíos: Por un lado, un objeto de prueba o un recubrimiento que se encuentra en la superficie del objeto de prueba generalmente presenta solo una fluorescencia propia reducida.
55

Por otro lado, el objeto de prueba se mueve rápidamente en su vuelo a lo largo de la sección de prueba del objeto en comparación con la unidad de iluminación del objeto y la unidad de detección del objeto. Al mismo tiempo, sin embargo, al menos en una realización, se debe registrar una imagen del objeto de prueba con una resolución espacial suficientemente alta.
60

Por un lado, se debe iluminar el objeto de prueba y, por otro lado, se debe detectar su radiación fluorescente emitida. El objeto de prueba se ilumina con una intensidad de luz muy grande por medio de la unidad de iluminación del objeto. De este modo se estimula la fluorescencia propia reducida del objeto de prueba. El objeto de prueba ahora emite radiación fluorescente. Debido a la velocidad del objeto de prueba durante el vuelo, esta iluminación puede tener lugar
65

en un intervalo de tiempo muy corto, por ejemplo, por medio de LED de pulsos cortos. Pero también es posible la iluminación permanente. El tercer desafío es una técnica de medición que sea adecuada para detectar la radiación fluorescente emitida. Debido a la velocidad del objeto de prueba durante el vuelo, esta detección también se realiza en un intervalo de tiempo muy corto. Para ello, por ejemplo, se utilizan cámaras con un tiempo de exposición corto.

5 Un objeto de prueba en el sentido de la presente invención es un objeto que debe controlarse. A este respecto, la superficie del objeto de prueba se puede controlar por completo o solo por secciones, por ejemplo, de forma puntual en diferentes lados de la superficie del objeto de prueba.

10 La sección de vuelo del objeto de prueba describe por secciones una recta o una parábola.

En el sentido de la presente invención, tanto la primera longitud de onda como también la segunda longitud de onda respectivamente pueden formar parte de un rango de longitud de onda con un ancho de banda predeterminado. Por ejemplo, la primera longitud de onda es la longitud de onda efectiva de un primer rango de longitud de onda y la segunda longitud de onda es la longitud de onda efectiva de un segundo rango de longitud de onda.

15 La primera longitud de onda se determina mediante la configuración de la unidad de iluminación del objeto, es decir, en particular mediante la elección de la fuente para la radiación luminiscente y, dado el caso, de un filtro. Se entiende que la primera longitud de onda debe seleccionarse de modo que se encuentre dentro de las longitudes de onda de absorción de la sustancia que se debe analizar en o sobre la superficie del objeto de prueba, que conducen a una fluorescencia de la sustancia que se debe analizar.

20 Del mismo modo, se entiende que la unidad de detección del objeto debe diseñarse de modo que sea sensible a la radiación luminiscente emitida por el objeto de prueba.

25 Una realización de la invención se caracteriza porque la sección de prueba del objeto es una sección en caída, en la que el sistema está configurado y dispuesto de tal manera que el objeto de prueba cae a lo largo de la sección de prueba del objeto durante el funcionamiento del sistema.

30 En una realización de este tipo, la manipulación del objeto de prueba es especialmente sencilla. En una realización, el sistema según la invención solo debe estar configurado de modo que el objeto de prueba pueda caer a través del sistema, es decir, que en particular pueda caer por delante de la unidad de iluminación del objeto y de la unidad de detección del objeto.

35 Una realización de la invención se caracteriza porque el dispositivo de detección del objeto está configurado y dispuesto de tal manera que los datos del objeto describen una imagen con una pluralidad de puntos de imagen.

Mientras que el sistema para realizar el método indicado en las reivindicaciones básicamente permite controlar el objeto de prueba desde varias direcciones espaciales en puntos individuales, es conveniente que los datos del objeto describan una imagen del objeto de prueba con una pluralidad de puntos de imagen. De esta manera, por ejemplo, se pueden localizar defectos en un recubrimiento en la superficie del objeto de prueba o también contaminación en la superficie del objeto de prueba.

40 En una realización de la invención, la pluralidad de direcciones espaciales a partir de las cuales se ilumina el objeto de prueba comprende dos direcciones espaciales paralelas entre sí, opuestas entre sí, con normales de superficie paralelas entre sí, pero orientadas en sentido contrario.

45 En una realización, además, la unidad de iluminación del objeto está diseñada de tal manera que el objeto de prueba está iluminado lo más completamente posible, pero un poco más allá.

50 Se entiende que la unidad de iluminación del objeto está configurada y dispuesta de tal manera que, al menos en una realización, ilumina simultáneamente el objeto de prueba desde la pluralidad de las direcciones espaciales.

55 Para la detección de la radiación luminiscente, que se irradia desde la superficie del objeto de prueba en una pluralidad de direcciones espaciales, es decisivo que toda la sección de la superficie que debe controlarse se ilumine con la radiación electromagnética de excitación, con la primera longitud de onda. Para ello, es necesario iluminar el objeto de prueba desde una pluralidad de direcciones espaciales, de modo que las secciones de la superficie del objeto de prueba se iluminen con una pluralidad de orientaciones, es decir, con una pluralidad de normales de superficie en diferentes direcciones espaciales.

60 Con este fin, en una realización, la unidad de iluminación del objeto puede presentar un único elemento de iluminación, por ejemplo, un láser con una disposición de espejos y unidades de desviación, que sea capaz de iluminar el objeto simultáneamente desde la pluralidad de direcciones espaciales.

65 En una realización alternativa de la invención, la unidad de iluminación del objeto presenta una pluralidad de elementos de iluminación, en la que los elementos de iluminación están configurados y dispuestos de tal manera que iluminan el

objeto de prueba desde la pluralidad de direcciones espaciales.

En este caso, la pluralidad de los elementos de iluminación iluminan la superficie del objeto de prueba al mismo tiempo.

5 En este caso, la pluralidad de elementos de iluminación de la unidad de iluminación del objeto, en una realización, cubren juntos un campo de iluminación sobre un ángulo sólido de 4π , es decir, sobre una esfera completa. De esta manera, un objeto de prueba con una superficie conformada de cualquier modo se puede excitar desde todos los lados durante el vuelo.

10 Un elemento de iluminación, en el sentido de la presente solicitud, generalmente comprende un láser, un LED o una lámpara de vapor HG. En este caso, el elemento de iluminación, en una realización, puede presentar adicionalmente un espejo y/o una unidad de desviación.

15 El elemento de iluminación se puede accionar de forma permanente o pulsada. En el funcionamiento pulsado, la relación de encendido con respecto a apagado preferiblemente es menor que 1 con respecto a 1000.

20 En una realización de la invención se considera iluminar la superficie que debe controlarse, del objeto de prueba, lo más homogéneamente posible con la radiación de excitación. En otras palabras, la intensidad de la radiación de excitación debe ser lo más constante posible más allá de la superficie que debe controlarse, del objeto de prueba.

25 Para ello, en una realización, una distancia entre el respectivo elemento de iluminación y la superficie que debe iluminarse, del objeto de prueba, es lo más grande posible, y el ángulo de divergencia de la radiación de excitación que incide sobre la superficie es lo más pequeño posible. Esto impide una diferencia de intensidad entre dos puntos en el objeto de prueba que tienen una distancia diferente desde el elemento de iluminación. El ángulo de divergencia del respectivo elemento de iluminación preferiblemente es tan pequeño que exclusivamente se ilumina el campo de visión de un detector de la unidad de iluminación. Esto evita una iluminación excesiva del volumen de prueba. Dicha iluminación excesiva conduce a una reducción de la radiación luminiscente detectable.

30 El proceso de la luminiscencia es energéticamente muy ineficiente en la mayoría de las sustancias, ya sea en la superficie del objeto de prueba o sobre la superficie del objeto de prueba. Solo una pequeña parte de la potencia de la radiación de excitación se convierte en potencia de la radiación luminiscente. Por lo tanto, la intensidad de la radiación luminiscente es, en principio, muy reducida. En la realización según la invención de un sistema para controlar la superficie del objeto de prueba, el objeto de prueba vuela a lo largo de la sección de prueba, de modo que para la unidad de detección del objeto solo está disponible un tiempo corto de integración o de medición. Esto se aplica en particular cuando se debe registrar una imagen con una resolución espacial suficiente.

35 Por lo tanto, en una realización de la invención se considera iluminar la superficie del objeto de prueba con una potencia luminosa lo más elevada posible por unidad de superficie de la radiación de excitación.

40 Para ello, en una realización de la invención, la unidad de iluminación del objeto está configurada y dispuesta de tal manera que ilumina el objeto de prueba con una potencia luminosa útil lo más grande posible por unidad de superficie del objeto de prueba.

45 En una realización, la longitud de onda de la radiación de excitación es inferior a 460 nm. Según la invención, la potencia luminosa por unidad de superficie en la superficie del objeto de prueba es igual o superior a $0,01 \text{ W/cm}^2$. Además, en una realización, la radiación de excitación es espectralmente de banda estrecha. En el sentido de la presente solicitud, de banda estrecha significa que la potencia luminosa por unidad de superficie, en el caso de una longitud de onda desplazada hacia el rojo en 60 nm en comparación con la potencia luminosa máxima por unidad de superficie, debe ser al menos 4 órdenes de magnitud más débil que en el máximo de la potencia luminosa por unidad de superficie.

50 La alta potencia luminosa requerida por unidad de superficie de la superficie del objeto de prueba básicamente se puede alcanzar con un elemento de iluminación que ilumine de forma plana, que ilumine simultáneamente una pluralidad de puntos en la superficie del objeto de prueba, o con un elemento de iluminación de exploración que ilumine sucesivamente en el tiempo secciones determinadas de la superficie del objeto de prueba.

55 En el caso de un elemento de iluminación que ilumina la superficie del objeto de prueba de forma plana, según la invención, este es un radiador para superficies de LED o una disposición de LED.

60 En una realización de la invención, la alta potencia de excitación requerida se alcanza mediante una óptica de aumento o colimación en la dirección de la radiación, entre el radiador para superficies de LED o la disposición de LED. En una realización, la óptica está configurada de tal manera que provoca una imagen que se aumenta 10 veces, del radiador para superficies de LED o de la disposición de LED, sobre la superficie del objeto de prueba.

65 En una realización, a este respecto, una iluminación homogénea de la superficie se alcanza mediante una representación borrosa, preferentemente mediante una representación ligeramente borrosa de las fuentes de luz sobre

el objeto de prueba.

En una realización, la óptica está configurada de tal manera que no representa una apertura efectiva para el radiador para superficies de LED o la disposición de LED.

5 En otra realización de la invención, en la dirección de radiación, después de la óptica, está proporcionado un filtro de excitación que bloquea una radiación fluorescente irradiada por la óptica y transmite la radiación de excitación.

10 En una realización especial, el elemento de iluminación comprende una disposición de LED de 3x3 LED SMD, con lentes pegadas para la imagen ampliada sobre la superficie y un ángulo de salida de 20 grados o menos.

15 En una realización de la invención, los LED del radiador para superficies de LED o de la disposición de LED funcionan de forma intermitente en el tiempo, es decir, pulsada. De esta manera, la corriente máxima a través de los LED y, por lo tanto, la potencia máxima irradiada, se puede aumentar, donde a diferencia de una corriente continua con una corriente constante, que es igual a la corriente máxima en el funcionamiento pulsado, la carga térmica de los LED está significativamente reducida.

20 Se entiende que en una realización, en la que la unidad de iluminación del objeto presenta solo una única unidad de iluminación que escanea la superficie de la unidad de detección del objeto, la misma está configurada de tal manera que ilumina simultáneamente al menos dos líneas completas o dos lugares en respectivamente una línea desde dos direcciones espaciales diferentes sobre la superficie del objeto de prueba.

25 De forma alternativa o adicional con respecto al aumento descrito anteriormente de la potencia luminosa de la radiación de excitación sobre la superficie del objeto de prueba, en una realización de la invención la unidad de detección del objeto se debe diseñar y disponer de tal manera que presente la mayor sensibilidad posible a la radiación luminiscente emitida desde la superficie.

30 En principio, es posible que la unidad de detección del objeto presente solo dos detectores que detecten la radiación luminiscente de la superficie del objeto de prueba desde dos direcciones espaciales.

35 Sin embargo, en una realización, la unidad de detección del objeto comprende al menos tres detectores, respectivamente con un campo de observación, en el que los campos de observación de los detectores cubren juntos una esfera. De esta manera, una esfera o un tetraedro se puede detectar desde todos los lados al mismo tiempo. En una realización preferida, la unidad de detección del objeto presenta seis detectores.

El detector puede ser una disposición de detectores plana con una disposición de detectores a modo de una matriz, por ejemplo, en forma de una cámara CMOS.

40 Alternativamente, el detector puede ser un detector puntual. La radiación luminiscente de la superficie del objeto de prueba se detecta entonces en una pluralidad de lugares en una pluralidad de líneas, una tras otra, en el tiempo.

45 Cada detector individual, es decir, dado el caso, el punto de imagen de una cámara de líneas o una cámara plana, debe tener la mayor sensibilidad posible a la radiación luminiscente. Por lo tanto, como detectores son adecuados los detectores CMOS, los fotomultiplicadores, los fotodiodos de avalancha y los fotodiodos.

50 En una realización, cada detector presenta un objetivo que está configurado de tal manera que solo muestra el área de imagen del objeto de prueba (no más), para permitir una resolución suficiente del objeto de prueba. El diafragma del objetivo está adaptado a la resolución y al tamaño del objeto de prueba. El mismo está cerrado hasta el punto en que en el área de distancia que ocupa el objeto, el objeto solo se muestra con la nitidez que permite el desenfoque de movimiento (cantidad máxima de luz).

55 En una realización, el dispositivo de detección del objeto presenta un filtrado espectral en forma de un paso de banda para la radiación luminiscente, para evitar que la radiación de excitación llegue a los detectores del dispositivo de detección del objeto.

En una realización, este filtro está realizado mediante un filtro de interferencia con una densidad óptica de OD6 para el rango de longitud de onda en el que debe absorberse la luz. En el área de paso, la transmisión del filtro es alta, típicamente >70%.

60 En principio, es posible operar la unidad de detección del objeto de forma continua, de modo que reciba el objeto de prueba a modo de una película durante el vuelo.

65 Sin embargo, en particular en una realización en la que se minimiza el área de imagen de los detectores, es conveniente registrar una imagen exactamente en el momento correcto. Para ello, se utilizan dos protecciones fotoeléctricas, a partir de cuya señal de activación se calcula el momento en que el objeto de prueba se encuentra en el campo de visión de los detectores.

5 A pesar del filtrado de la radiación de excitación, la irradiación directa de los detectores con radiación de excitación puede conducir a una sobreexposición. Por lo tanto, en una realización, el elemento de iluminación opuesto a un detector se activa con un desfase de tiempo. Por ejemplo, 3 cámaras y elementos de iluminación, de un sector superior de la sección de prueba del objeto, se activan temporalmente después tres cámaras y elementos de iluminación de un sector inferior de la sección de prueba del objeto.

En una realización de la invención, todos los elementos y componentes del sistema no son fluorescentes.

10 En una realización, la unidad de iluminación del objeto y la unidad de detección del objeto están configuradas y dispuestas de tal manera que interactúan de modo que resulta un tiempo de integración lo más reducido posible por punto de imagen detectado del objeto de prueba. La minimización del tiempo de integración conduce a una maximización de la resolución espacial de la imagen del objeto de prueba.

15 Según la invención, el tiempo de integración es menor a 5 décimas de segundo, preferiblemente menor a 100 milisegundos y de forma especialmente preferible menor a 500 microsegundos.

20 En principio es posible combinar cada una de las realizaciones descritas anteriormente de la unidad de iluminación del objeto con una de las realizaciones igualmente descritas de la unidad de detección del objeto. Sin embargo, es ventajoso que la geometría de los elementos de iluminación de la unidad de iluminación del objeto y los detectores de la unidad de detección del objeto estén adaptadas entre sí para lograr una velocidad de medición elevada. En otras palabras, o bien se combina una iluminación plana simultánea de la radiación de excitación con una cámara plana para la radiación luminiscente o una iluminación, que escanea en forma de líneas, de la radiación de excitación con una cámara de líneas que escanea en forma de líneas para la radiación luminiscente, o una iluminación que escanea en forma de puntos de la radiación de excitación con un detector que escanea en forma de puntos para la radiación luminiscente.

30 Por lo tanto, en una realización, la unidad de iluminación del objeto está configurada y dispuesta de tal manera que ilumina simultáneamente el objeto de prueba desde la pluralidad de direcciones espaciales, y la unidad de detección del objeto está configurada y dispuesta de tal manera que detecta simultáneamente el objeto de prueba desde la pluralidad de direcciones espaciales con una pluralidad de detectores, en la que los detectores están diseñados como cámaras que proporcionan imágenes.

35 En una realización alternativa, la unidad de iluminación del objeto está configurada y dispuesta de tal manera que ilumina la superficie del objeto de prueba línea por línea, y la unidad de detección del objeto está configurada y dispuesta de tal manera que detecta la radiación luminiscente de la superficie iluminada, de la radiación luminiscente irradiada, línea por línea, por medio de un detector en forma de líneas, en la que el detector está resuelto localmente en la dirección de la línea.

40 A este respecto, en una realización, el eje óptico de la cámara de líneas, la unidad de iluminación y la línea de iluminación generada por la unidad de iluminación generan un plano en común. De este modo se garantiza que el objeto de prueba esté iluminado también en el caso de una distancia variable del detector y/o de la unidad de iluminación en la imagen de la cámara de líneas.

45 La iluminación que escanea en forma de líneas se puede realizar, por ejemplo, con LED o con un láser.

50 En una realización, un láser con una lente Powell se despliega en una línea. Esta línea se comprime además con una lente cilíndrica a lo largo del eje estrecho, creando una línea con una altura de unos pocos 100 μm . Esto produce una alta densidad de potencia en el área de la línea iluminada. Esta línea, mediante un objetivo en la cámara de líneas, se muestra en los píxeles de la cámara de líneas. La radiación de excitación dispersada o reflejada se filtra delante de la cámara de líneas a través de un filtro óptico que transmite la radiación fluorescente que se produce. Se debe garantizar que la radiación de excitación de la unidad de iluminación sea espectralmente de banda estrecha, de manera que nada de luz de la iluminación pase a través del filtro de la cámara de líneas. La imagen se produce mediante la composición de los registros de líneas consecutivos en el tiempo, que típicamente se registran a alta velocidad, preferiblemente a una velocidad de ciclo de 1 kHz a 10 kHz.

En otra realización se emplean varias cámaras de líneas desde diferentes direcciones espaciales para detectar completamente la superficie del objeto en la medida de lo posible.

60 La imagen resultante típicamente está distorsionada por un movimiento no lineal del objeto de prueba, que también puede contener movimientos de rotación. Para obtener una imagen corregida y asociarla a una superficie del objeto de prueba por cámara de líneas, en otra realización se utilizan otras cámaras que siguen el movimiento del componente y la posición del componente se detecta a partir de sus imágenes.

65 En otra realización, la unidad de iluminación del objeto está configurada y dispuesta de tal manera que ilumina sucesivamente en el tiempo una pluralidad de puntos de la superficie del objeto de prueba, y la unidad de detección

del objeto presenta un detector puntual, en la que el detector está configurado y dispuesto de tal manera que detecta sucesivamente en el tiempo la radiación luminiscente irradiada por los puntos iluminados de la superficie del objeto de prueba.

5 Una realización de esa clase comprende un láser como dispositivo de iluminación y un detector de puntos con una unidad de conformación de imagen como detector, en la que el láser y el detector de puntos están superpuestos sobre un eje óptico común. Este eje óptico se escanea a través de una unidad de desviación rápida en un plano. Por lo tanto, el objeto de prueba se puede escanear durante la caída. La composición de la imagen se realiza de forma análoga a la formación de la imagen descrita anteriormente para la cámara de líneas.

10 En una realización, el sistema presenta un medio de transporte que está configurado y dispuesto de tal manera que con el medio de transporte el objeto de prueba puede conducirse a un comienzo de la sección de prueba del objeto, en la que el medio de transporte presenta un extremo de lanzamiento, de modo que en un funcionamiento del sistema el objeto de prueba vuela a lo largo de la sección de prueba del objeto.

15 En una realización de este tipo, el propio sistema proporciona el suministro del objeto de prueba, pero convenientemente de una pluralidad de objetos de prueba uno tras otro, hacia la sección de prueba del objeto. A este respecto, el extremo de lanzamiento del medio de transporte puede provocar un lanzamiento activo del objeto de prueba a lo largo de la sección de prueba del objeto o una caída libre del objeto de prueba.

20 Por lo tanto, una realización de la invención se caracteriza porque el sistema presenta un medio de transporte, en la que el medio de transporte está configurado y dispuesto de tal manera que el medio de transporte durante el funcionamiento del sistema transporta el objeto de prueba a un comienzo de la sección de prueba del objeto, y en la que el medio de transporte presenta un extremo de lanzamiento dispuesto en una dirección vertical sobre la sección de prueba del objeto, de modo que durante el funcionamiento del sistema el objeto de prueba cae a lo largo de la sección de prueba del objeto.

25 Se entiende que el sistema, en una realización, presenta una unidad de evaluación que está conectada de manera tan efectiva con la unidad de detección del objeto que recibe los datos del objeto desde la unidad de detección del objeto durante el funcionamiento del sistema y que está configurada de tal manera que evalúa los datos del objeto durante el funcionamiento del sistema. En una realización, la unidad de evaluación comprende un ordenador.

30 En una realización, la unidad de evaluación además está conectada a una unidad de representación, en la que la unidad de representación reproduce gráficamente los datos del objeto o datos de representación derivados de los datos del objeto.

35 En otra realización de la invención, el sistema presenta adicionalmente una unidad de detección de la posición del objeto, que está configurada y dispuesta de tal manera que la posición espacial y/o la orientación del objeto de prueba se pueden detectar sobre la sección de prueba del objeto con respecto a la unidad de detección del objeto.

40 Preferiblemente, la unidad de detección del objeto trabaja con un método de medición óptico para detectar con precisión la posición y/o la orientación del objeto de prueba. En una realización, la unidad de detección del objeto utiliza una longitud de onda diferente para iluminar el objeto de prueba, que la unidad de iluminación del objeto.

45 La unidad de detección de posición del objeto está formada preferiblemente por al menos dos cámaras que proporcionan imágenes, que detectan completamente la posición espacial del objeto de prueba. En una realización de la invención, la unidad de detección de posición del objeto no detecta la radiación luminiscente de la superficie del objeto de prueba. En una realización, la unidad de detección de posición del objeto presenta un filtro que filtra la radiación luminiscente delante de los detectores, en particular delante de las cámaras de la unidad de detección de posición del objeto.

50 El objeto antes mencionado se consigue mediante un método para controlar una superficie de un objeto de prueba, que presenta las siguientes etapas:

55 iluminación del objeto de prueba con radiación de excitación electromagnética con una primera longitud de onda, detección de una radiación luminiscente electromagnética que se irradia desde el objeto de prueba, en el que la radiación luminiscente presenta una segunda longitud de onda diferente de la primera longitud de onda,
 60 generación de datos del objeto a partir de la radiación luminiscente detectada y emisión de los datos del objeto, en el que la iluminación del objeto de prueba tiene lugar desde una pluralidad de direcciones espaciales, en el que la detección de la radiación luminiscente desde el objeto de prueba tiene lugar en una pluralidad de direcciones espaciales, y
 en el que el objeto de prueba vuela durante la iluminación del objeto de prueba y la detección de la radiación luminiscente,
 65 en el que la iluminación del objeto de prueba tiene lugar con una unidad de iluminación del objeto con una pluralidad de elementos de iluminación en forma de un LED, de un radiador para superficies de LED o de una

disposición de LED, en el que la unidad de iluminación del objeto está diseñada y configurada de tal manera que ilumina el objeto de prueba con una potencia luminosa por unidad de superficie, sobre la superficie del objeto de prueba de $0,01 \text{ W/cm}^2$ o más,

5 en el que la detección de la radiación luminiscente tiene lugar con una unidad de detección del objeto en el que la unidad de iluminación del objeto y la unidad de detección del objeto interactúan de tal manera que resulta un tiempo de integración por punto de imagen detectado del objeto de prueba de menos de 5 décimas de segundo,

10 en el que la unidad de detección del objeto presenta al menos tres detectores cada uno con un campo de observación, en el que los campos de observación de los detectores juntos cubren una esfera, y en el que la unidad de detección del objeto está configurada y dispuesta de tal manera que con al menos tres detectores detecta el objeto de prueba desde la pluralidad de direcciones espaciales, en el que los detectores están diseñados como cámaras que proporcionan imágenes.

15 En la medida en que se han descrito anteriormente aspectos de la invención con respecto al sistema, estos también son válidos para el método correspondiente para controlar la superficie del objeto de prueba, y de forma inversa. En la medida en que el método se realiza con un sistema según esta invención, este presenta los dispositivos correspondientes para ello. En particular, las realizaciones del sistema de dispositivo son adecuadas para realizar las realizaciones del método descritas en esta solicitud.

20 En una realización del método según la invención, el objeto de prueba cae en una caída libre durante la iluminación del objeto de prueba y la detección de la radiación luminiscente. En otras palabras, el objeto de prueba vuela o cae durante la medición, delante de la unidad de iluminación del objeto y de la unidad de detección del objeto.

25 En una realización, la iluminación del objeto de prueba tiene lugar desde al menos tres direcciones espaciales que generan un plano o desde al menos cuatro direcciones espaciales que no se sitúan todas en un plano.

De esta manera se ilumina un objeto de prueba conformado de la forma deseada, desde todos los lados, y se detecta la radiación luminiscente desde todas las secciones de superficie del objeto de prueba.

30 Para obtener una imagen completa del objeto de prueba, en una realización, en la detección de la radiación luminiscente, se detecta la radiación desde al menos tres direcciones espaciales, en la que estas direcciones espaciales, de manera aproximadamente uniforme, cubren las direcciones espaciales en un plano o en el espacio tridimensional.

35 Los objetos de prueba en forma de una esfera o de un tetraedro pueden detectarse completamente cuando el objeto de prueba se observa desde al menos tres direcciones espaciales, donde los campos de visión de los detectores o cámaras cubren juntos un casquete esférico completo.

40 Otras ventajas, características y posibilidades de aplicación de la presente invención se aclaran en la siguiente descripción de realizaciones de la misma y sus figuras correspondientes.

La figura 1 es una vista en sección esquemática de una combinación de un elemento de iluminación de una unidad de iluminación del objeto y un detector de una unidad de detección del objeto, que sirve para comprender la invención indicada en las reivindicaciones.

45 La figura 2 es una vista isométrica esquemática de un sistema para controlar un objeto de prueba, que sirve para comprender la invención indicada en las reivindicaciones.

La figura 3 es una vista isométrica esquemática de un sistema para controlar un objeto de prueba, que sirve para comprender la invención indicada en las reivindicaciones.

50 La figura 4 es una vista isométrica de otra realización de un sistema para controlar un objeto de prueba, que sirve para comprender la invención indicada en las reivindicaciones.

En las figuras, los elementos idénticos están identificados con números de referencia idénticos.

55 En las realizaciones de la invención a modo de ejemplo descritas aquí se considera detectar aceite en una superficie 2 de un producto semiacabado 1 de metal, con resolución local, para poder separar las piezas sucias o limpiarlas posteriormente de forma selectiva. El producto semiacabado 1 forma un objeto de prueba en el sentido de la presente invención.

60 El aceite sobre la superficie 2 del producto semiacabado 1 presenta una fluorescencia propia en el caso de una excitación con luz UV, que debe detectarse según la invención. Con este fin, la unidad de iluminación del objeto y la unidad de detección del objeto forman juntas un escáner láser de fluorescencia, que es capaz de detectar muy rápidamente una línea en la superficie 2 del producto semiacabado 1. A este respecto, todos los puntos de imagen de la línea se detectan esencialmente al mismo tiempo.

65 En la figura 1 se muestra ahora una vista en sección esquemática a través de un elemento de iluminación 3 y una cámara de líneas 4. El elemento de iluminación 3 sirve para la iluminación línea por línea del producto semiacabado

1 con radiación de excitación electromagnética 5. Por el contrario, la cámara de líneas 4 registra línea por línea la radiación luminiscente emitida por el objeto de prueba o por su superficie después de la excitación con la radiación de excitación 5. Por lo tanto, en el sentido de la presente solicitud, el elemento de iluminación 3 forma un elemento de una unidad de iluminación del objeto y la cámara 4 forma un elemento de una unidad de detección del objeto.

El elemento de iluminación 3 comprende un láser 6 y un formador de haz 7. El láser 6 genera radiación de excitación electromagnética con una longitud de onda efectiva de 405 nm y una potencia de salida de 1 W. El formador de haz 7 expande la radiación láser en una dirección, de modo que se crea un abanico en forma de línea que ilumina el producto semiacabado 1. La cámara de líneas 4, a su vez, está orientada de tal manera que la línea del detector es esencialmente paralela al abanico de luz de la radiación de excitación 5. De esta manera, la radiación luminiscente puede ser detectada más allá de la línea, resuelta localmente, por la línea iluminada con la radiación de excitación 5 sobre la superficie 2 del producto semiacabado 1.

Se obtiene una imagen completa debido al movimiento de vuelo del producto semiacabado 1 en una sección de prueba del objeto. En este caso, la sección de prueba del objeto se extiende en una dirección perpendicular con respecto al plano del dibujo de la figura 1. El producto semiacabado 1 vuela por delante del elemento de iluminación 3 y del detector 4 y, por lo tanto, procura un avance por línea tanto de la línea que excita, de la radiación de excitación 5, en la superficie 2, como también de la detección de la radiación luminiscente de la superficie 2 del producto semiacabado 1 con la ayuda de la cámara 4.

En todas las realizaciones representadas, el producto semiacabado 1 se mueve sobre la sección de prueba del objeto en caída libre, debido a la gravedad de la tierra.

La figura 2 muestra ahora una realización del sistema 8, en la que el producto semiacabado 1 se ilumina y detecta simultáneamente desde una pluralidad de direcciones espaciales, en el ejemplo concreto desde tres direcciones espaciales situadas en un plano. Con este fin, el sistema 8 de la figura 2 presenta tres combinaciones de respectivamente un elemento de iluminación 3 y una cámara 4. Estas combinaciones tienen el símbolo de referencia 9 en la representación de la figura 2.

En el funcionamiento del sistema 8, el producto semiacabado 1 cae desde arriba sobre la sección de prueba del objeto 14, a través del sistema 8. Con este fin, en la placa base 10 está proporcionado un rebaje 11, de modo que el producto semiacabado 1 puede caer a través de la misma. Durante el vuelo por delante, las tres combinaciones 9 escanean la superficie 2 del producto semiacabado 1 completamente desde tres direcciones espaciales, de modo que se puede detectar una contaminación con aceite de conformación en la superficie 2, al menos en todas las superficies laterales del producto semiacabado 1.

Los tres elementos de iluminación 3 en las tres combinaciones 9 forman en conjunto la unidad de iluminación del objeto en el sentido de la presente solicitud. Las tres cámaras 4 de las tres combinaciones 9, a su vez, forman juntas la unidad de detección del objeto en el sentido de la presente solicitud.

La figura 3 muestra una variante del sistema 8', en la que la unidad de iluminación del objeto y la unidad de detección del objeto están diseñadas de la misma manera que en la variante de la figura 2. Por lo tanto, las tres combinaciones del elemento de iluminación 3 y la cámara 4 también se identifican en la figura 3 con el símbolo de referencia 9.

Adicionalmente, sin embargo, el sistema 8' de la figura 3 presenta una unidad de detección de posición del objeto 12 con tres cámaras 13 que proporcionan imágenes, que trabajan con luz visible. La unidad de detección de posición del objeto sirve para detectar la posición y la orientación del objeto de prueba (en conjunto, estas también se denominan como la pose del objeto de prueba).

Las variantes del sistema 8, 8' de las figuras 2 y 3 registran respectivamente la superficie 2 del objeto de prueba 1 desde tres direcciones espaciales. De este modo se puede detectar una contaminación sobre la superficie 2 del objeto de prueba 1 con aceite de conformación, esencialmente sobre la superficie envolvente del producto semiacabado 1. Según la configuración geométrica del producto semiacabado 1, dado el caso, la superficie de la tapa y la superficie inferior del producto semiacabado 1 no se tienen en cuenta durante la prueba.

Por el contrario, la variante del sistema 8'' de la figura 4 está equipada en total con catorce combinaciones 9' de respectivamente un elemento de iluminación 3 y una cámara 4. Adicionalmente, el sistema 8'' presenta seis cámaras 13' que trabajan espectralmente no filtradas, de la unidad de detección de posición del objeto.

Mientras que las cámaras 4 de los sistemas 8, 8' de las figuras 2 y 3 miran esencialmente en dirección radial, es decir, perpendicularmente a la sección de prueba del objeto a lo largo de la que cae el producto semiacabado 1, las direcciones espaciales en las que las cámaras de las combinaciones 9' del sistema 8'' de la figura 4 miran hacia al producto semiacabado 1, están dispuestas bajo un ángulo con respecto a la sección de prueba del objeto. Debido a la disposición de las cámaras y de los elementos de iluminación, pero también al número de cámaras y

elementos de iluminación, el sistema 8'' puede controlar todos los lados, es decir, en particular la superficie envolvente,

la superficie de la tapa y la superficie base 2, del producto semiacabado 1, esencialmente al mismo tiempo.

5 Para los fines de la descripción original, se señala que todas las características, tal como se deducen de la presente descripción, los dibujos y las reivindicaciones por un experto en la materia, incluso si se han descrito en concreto solo con relación a otras características determinadas, se pueden combinar tanto individualmente como también en cualquier combinación con otras de las características o grupos de características aquí descritos, en la medida en que esto no se haya excluido expresamente o las circunstancias técnicas hagan que tales combinaciones sean imposibles o sin sentido. En este caso se prescinde de la representación exhaustiva y explícita de todas las combinaciones de características posibles solo debido a la brevedad y la legibilidad de la descripción.

10 Mientras que la invención se ha representado y descrito en detalle en los dibujos y en la descripción anterior, esta representación y descripción se realizan solo a modo de ejemplo y no se pretende como una limitación del área de protección, tal como se define mediante las reivindicaciones. La invención no está limitada a las realizaciones descritas.

15 Para el experto en la materia son evidentes las modificaciones de las realizaciones descritas a partir de los dibujos, la descripción y de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la palabra "presentar" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indeterminado "una" o "uno" no excluye una pluralidad. El mero hecho de que en las reivindicaciones se indiquen determinadas características en diferentes reivindicaciones no excluye su combinación.

20 Los símbolos de referencia en las reivindicaciones no están pensados como una limitación del alcance de protección.

Lista de símbolos de referencia

- | | | |
|----|-----------|--|
| 25 | 1 | Producto semiacabado como objeto de prueba |
| | 2 | Superficie del producto semiacabado |
| | 3 | Elemento de iluminación |
| | 4 | Cámara |
| | 5 | Radiación de excitación |
| | 6 | Láser |
| 30 | 7 | Formador de haz |
| | 8, 8', 8" | Sistema |
| | 9 | Combinación del elemento de iluminación 3 y la cámara 4 |
| | 10 | Placa base |
| | 11 | Rebaje en la placa base 10 |
| 35 | 12 | Unidad de detección de posición del objeto |
| | 13, 13' | Cámara de la unidad de detección de posición del objeto 12 |
| | 14 | Sección de prueba del objeto |

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para controlar la distribución espacial de un recubrimiento o de una contaminación sobre una superficie (2) de un objeto de prueba (1) que presenta las siguientes etapas:
- 10 iluminación del objeto de prueba (1) con el recubrimiento o la contaminación con radiación de excitación electromagnética (5) con una primera longitud de onda,
 10 detección de una radiación luminiscente electromagnética que se irradia desde el recubrimiento o la contaminación sobre la superficie (2) del objeto de prueba (1), en el que la radiación luminiscente presenta una segunda longitud de onda diferente de la primera longitud de onda,
 15 generación de datos del objeto a partir de la radiación luminiscente detectada y emisión de los datos del objeto, en el que la iluminación del objeto de prueba (1) con el recubrimiento o la contaminación tiene lugar desde una pluralidad de direcciones espaciales, en el que la detección de la radiación luminiscente desde el recubrimiento o la contaminación sobre la superficie (2) del objeto de prueba (1) tiene lugar en una pluralidad de direcciones espaciales, y en el que el objeto de prueba (1) vuela a lo largo de una sección de prueba del objeto (14) durante la iluminación del objeto de prueba (1) y la detección de la radiación luminiscente,
 20 en el que la iluminación del objeto de prueba con el recubrimiento o la contaminación tiene lugar con una unidad de iluminación del objeto con una pluralidad de elementos de iluminación en forma de un LED, de un radiador para superficies de LED, de una disposición de LED o de un láser,
 la unidad de iluminación del objeto está diseñada y configurada de tal manera que ilumina el objeto de prueba (1) con una potencia luminosa por unidad de superficie, sobre la superficie del objeto de prueba (1), de 0,01 W/cm² o más,
 25 en el que la detección de la radiación luminiscente tiene lugar con una unidad de detección del objeto, la unidad de iluminación del objeto y la unidad de detección del objeto interactúan de tal manera que resulta un tiempo de integración por punto de imagen detectado del objeto de prueba (1) de menos de 5 décimas de segundo, en el que la unidad de detección del objeto presenta al menos tres detectores (4) con respectivamente un campo de observación, en el que los campos de observación de los detectores (4) cubren juntos una esfera, en el que la unidad de detección del objeto está configurada y dispuesta de tal manera que la misma, con al menos tres detectores (4), detecta el objeto de prueba (1) desde la pluralidad de direcciones espaciales,
 30 en el que los detectores (4) están diseñados como cámaras que proporcionan imágenes,
 y
 en el que con una unidad de detección de posición del objeto (12) se detecta al menos la posición espacial o la orientación del objeto de prueba (1) sobre la sección de prueba del objeto (14) con respecto a la unidad de detección de posición del objeto (12).
- 35 2. Método según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** la iluminación del objeto de prueba (1) tiene lugar desde al menos tres direcciones espaciales que generan un plano o desde cuatro direcciones espaciales que no se sitúan todas en un plano.
- 40 3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la sección de prueba del objeto (14) es una sección en caída, en el que el objeto de prueba (1), durante la iluminación del objeto de prueba (1) y la detección de la radiación luminiscente, cae a lo largo de la sección de prueba del objeto (14)
- 45 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la unidad de iluminación del objeto presenta una pluralidad de elementos de iluminación (3), en el que los elementos de iluminación (3) están configurados y dispuestos de tal manera que iluminan el objeto de prueba (1) desde la pluralidad de direcciones espaciales.
- 50 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la unidad de iluminación del objeto presenta al menos un elemento de iluminación (3), en el que el elemento de iluminación (3) está configurado y dispuesto de tal manera que una superficie (2) del objeto de prueba (1) se puede escanear línea por línea con la radiación de excitación (5), en el que preferentemente se puede iluminar sucesivamente en el tiempo una pluralidad de lugares en la línea.
- 55 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la unidad de detección del objeto está configurada y dispuesta de tal manera que con la pluralidad de detectores (4) detecta simultáneamente el objeto de prueba (1) desde la pluralidad de direcciones espaciales.
- 60 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** está proporcionado un medio de transporte, en el que el medio de transporte transporta el objeto de prueba (1) hacia un comienzo de la sección de prueba del objeto (14), y en el que el medio de transporte presenta un extremo de lanzamiento dispuesto en una dirección vertical sobre la sección de prueba del objeto (14), de modo que el objeto de prueba (1) cae a lo largo de la sección de prueba del objeto (14).
- 65

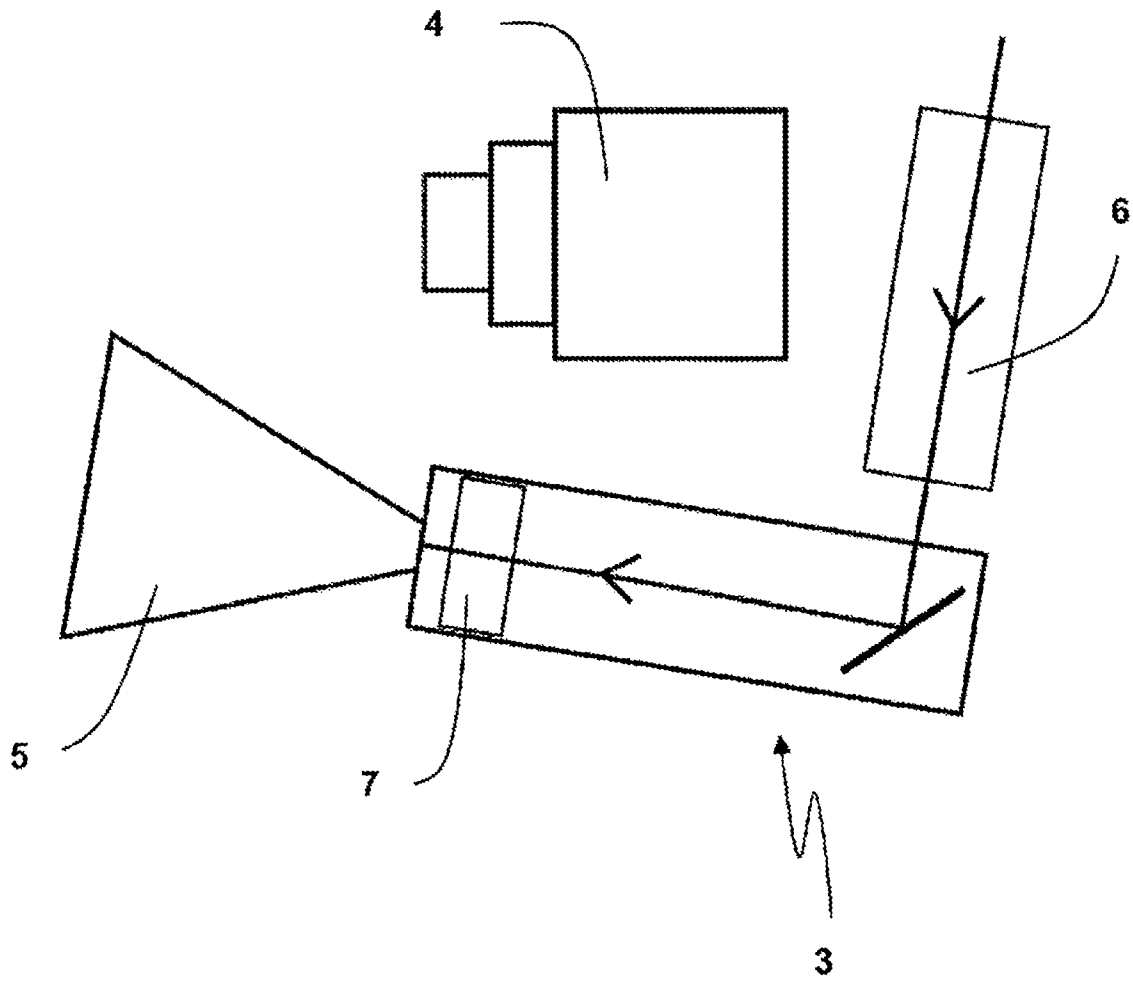


Fig. 1

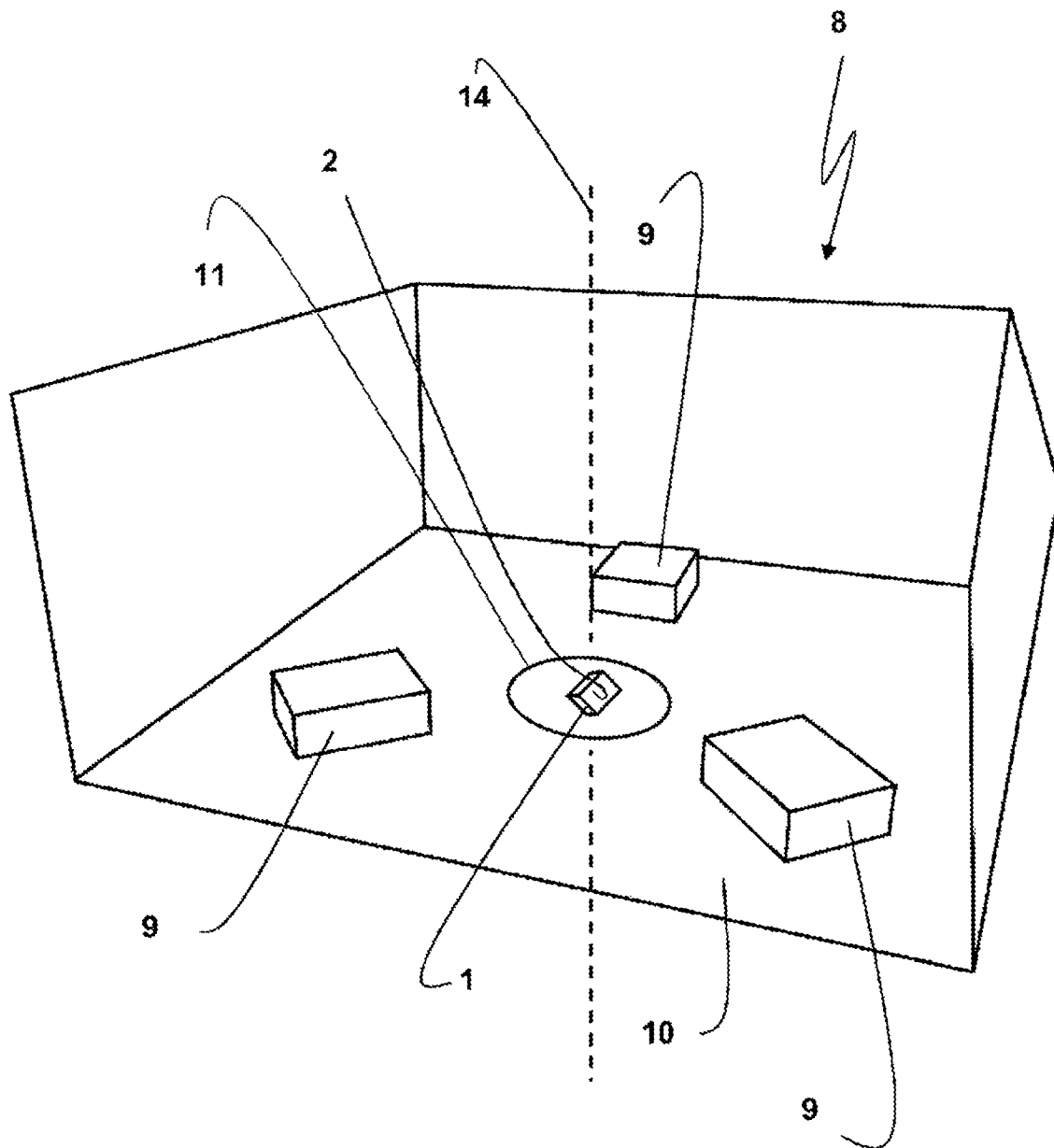


Fig. 2

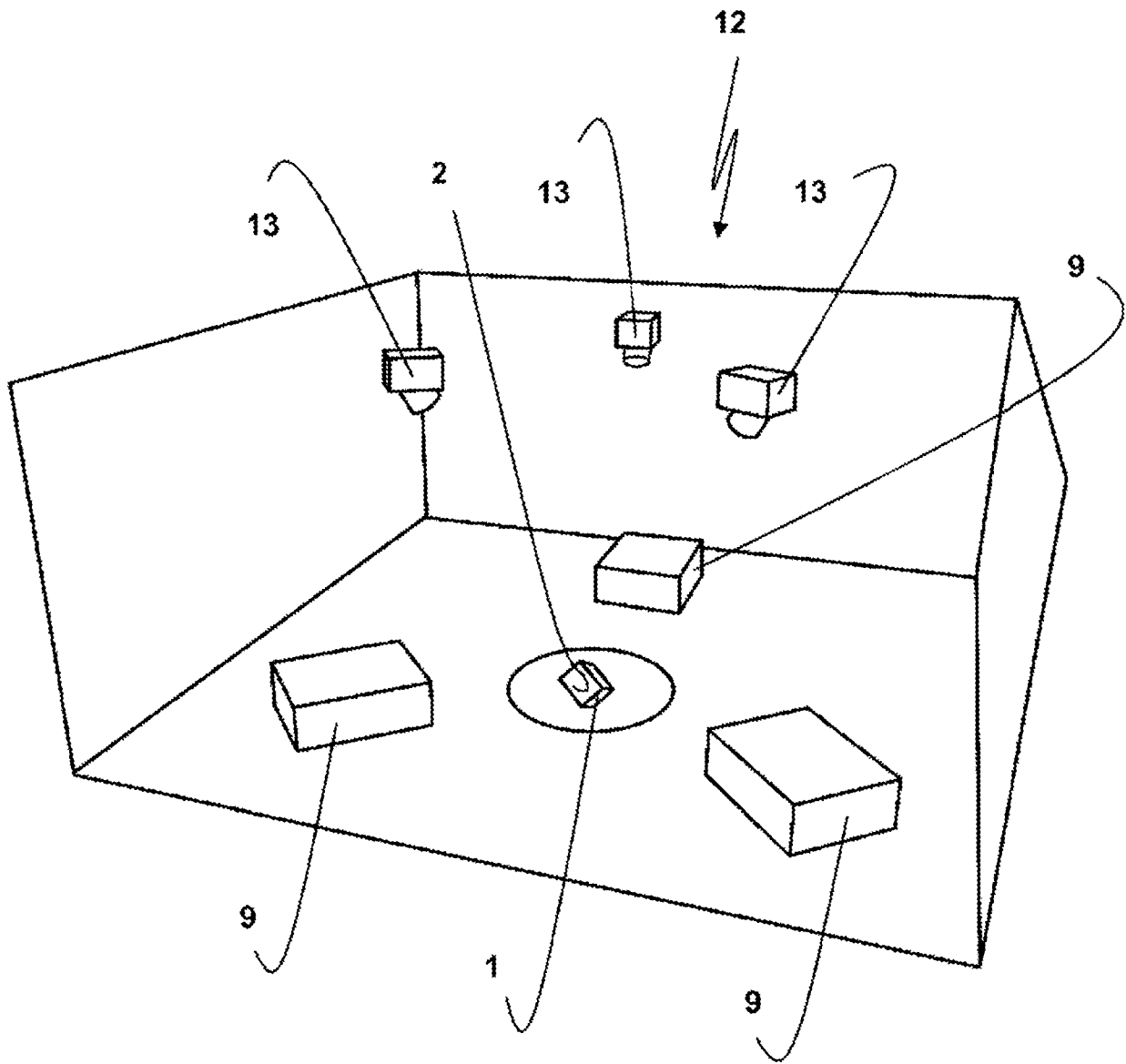


Fig. 3

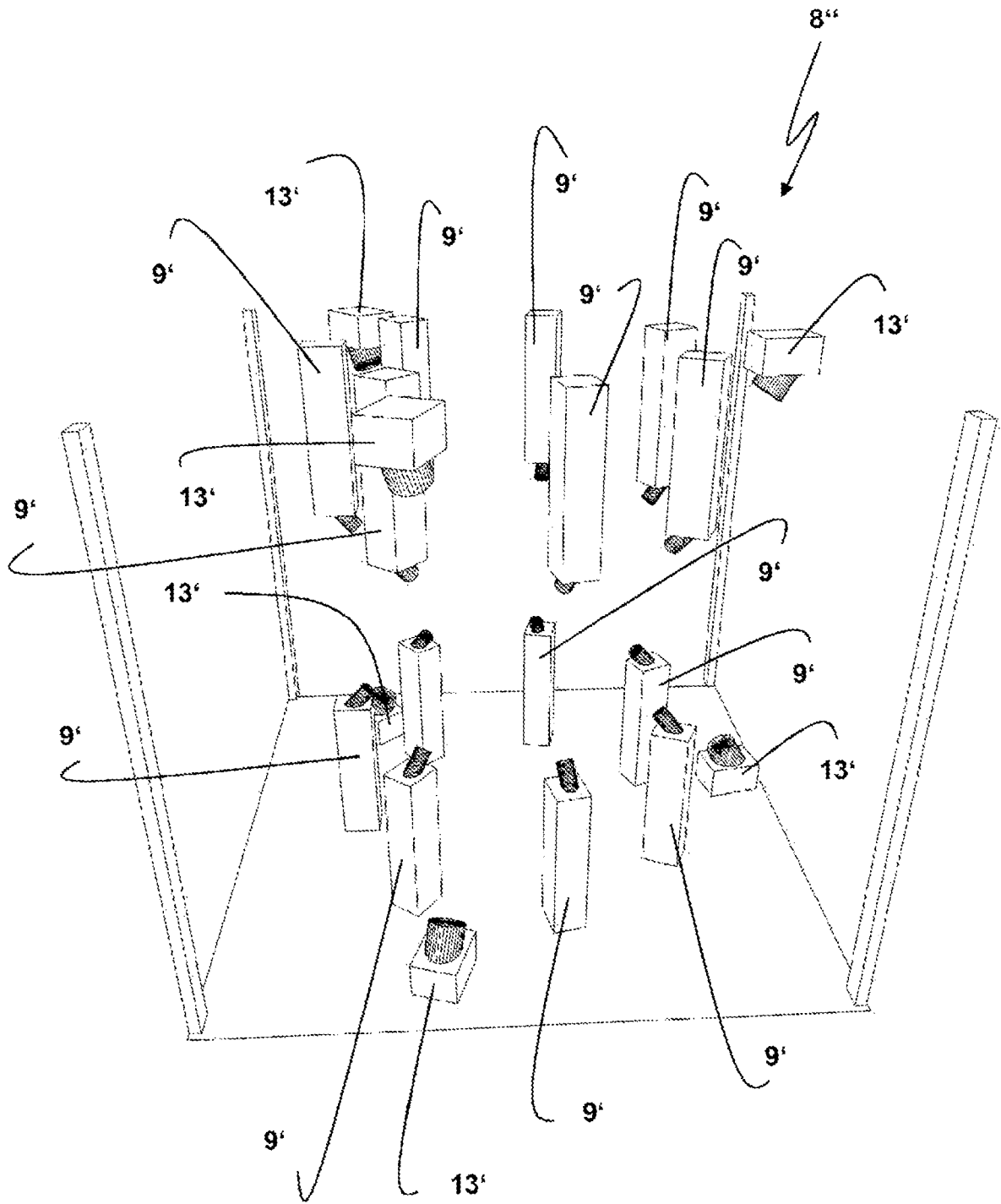


Fig. 4