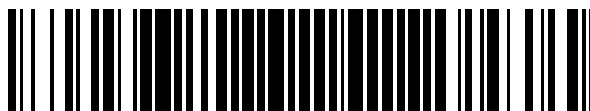


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 487**

51 Int. Cl.:  
**G01B 11/06** (2006.01)  
**G01B 11/25** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10721199 .7**  
96 Fecha de presentación: **02.03.2010**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2307852**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.04.2011**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para medir ópticamente la superficie de un producto**

30 Prioridad:  
**03.03.2009 CZ 20090133**  
**27.08.2009 EP 09466016**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.11.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.11.2012**

73 Titular/es:  
**WITRINS S.R.O. (100.0%)**  
**Mezi Zahradami 470**  
**25064 Hovorcovice, CZ**

72 Inventor/es:  
**WIESER, ROMAN FRANZ**

74 Agente/Representante:  
**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

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).

ES 2 390 487 T3

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para medir ópticamente la superficie de un producto

**Campo de la invención**

La presente invención se refiere, en general, a un dispositivo y un procedimiento para medir e inspeccionar una distancia entre un sensor y un producto sometido a ensayo. En particular, puede usarse en el campo de la electrónica para la medición y la realización de ensayos de la posición de los componentes montados en placas de circuito impreso (PCB) o en un producto de célula solar o para inspeccionar la posición de conectores de componentes electrónicos, tales como CI, condensadores, transistores, resistencias etc. o la posición de pasta de soldadura de reflujo con anterioridad al montaje de componentes electrónicos en una PCB para soldadura de reflujo. La presente invención puede aplicarse preferentemente a la producción de las PCB, productos de células solares tales como obleas de células solares o elementos de células solares y otros artículos que requieren una medición de la planitud con el fin de especificar de este modo su calidad y puede también usarse para someter a ensayo la rugosidad de la superficie de las superficies del producto. La presente invención puede también usarse para inspeccionar una forma tridimensional de diversos artículos al registrar una imagen sin la necesidad de realizar las operaciones de exploración a partir de varias posiciones, lo que es particularmente ventajoso en los procesos de alta producción, es decir, en procesos en los que se requiere un ensayo de la rugosidad y defectos, etc. de la superficie.

**Antecedentes de la invención**

A partir del estado de la técnica tales mediciones de altura de superficie se realizan en la mayor parte de los casos usando preferentemente una técnica de triangulación por láser, con la ayuda de un láser de línea y de una cámara de alta velocidad. El láser de línea se dirige hacia la superficie medida y la cámara, que se dirige por debajo del ángulo especificado, registra el perfil del área medida en una coordenada (en un lugar) de tal modo que el láser la ilumina. Las imágenes individuales se registran con la frecuencia que se corresponde con la anchura del haz de láser y entonces se componen todas las imágenes. Usando este procedimiento, es posible componer un modelo en 3D.

Otro procedimiento es el uso de varias cámaras que se dirigen al área sometida a ensayo a partir de diversos ángulos. A partir de la trigonometría conocida de la cámara en el interior del dispositivo de ensayo, puede componerse un modelo en 3D.

Un procedimiento adicional es el uso del efecto Moire por medio del cual, bajo determinadas circunstancias, es posible hacer que sea visible el relieve del área sometida a ensayo. Las imágenes se producen a través de unas rejillas de dos líneas, siempre con una luminosidad inversa. Después de la composición de ambas imágenes, cuando se usa el efecto de interferencia, se refleja el relieve de la superficie.

El documento WO 02/082009 A1 enseña un procedimiento y un aparato para medir una distancia entre un sensor y un producto usando una información de color de la luz reflejada por el objeto. La distribución de color de la superficie tridimensional se correlaciona con un nivel de altura de la superficie del objeto de tal modo que la información de color puede usarse para analizar la estructura tridimensional de la superficie del objeto. La fuente de luz blanca puede ser una lámpara de tungsteno o una combinación de múltiples fuentes de luz multicoloreadas con una pluralidad de haces de luz con unas longitudes de onda únicas.

Por el documento JP 61 075210 A puede aprenderse acerca de un aparato buscador de intervalo en el que luz de una fuente de luz se difracta en un haz de múltiples colores que ilumina una superficie de un objeto. La proporción de intensidad de señal de la luz reflejada por la superficie del objeto que se filtra mediante dos filtros diferentes puede usarse para medir unos ángulos y unas distancias entre la superficie del objeto y la cámara.

Finalmente, el documento JP 7 117399 B da a conocer otro aparato de detección de intervalo que define un estado de la técnica general.

Los procedimientos que se conocen a partir del estado de la técnica no permiten la obtención de información de altura de superficie con una precisión de menos de  $\pm 20 \mu\text{m}$ . Además, la anchura de exploración máxima de un producto medido está limitada, lo que hace inviable la exploración de productos que sean más anchos que 150 mm. La velocidad de exploración, en consecuencia, está limitada, lo que convierte la medición de la superficie en un cuello de botella de un proceso de producción a alta velocidad.

Es en consecuencia un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento y un dispositivo para medir e inspeccionar una superficie de un producto con una alta precisión, una alta velocidad, una resolución de medición variable y con una anchura según el eje y aumentada. Además, es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento y un dispositivo que sean capaces de realizar una autocalibración, eliminando en consecuencia una construcción de alta precisión estructural y unos esfuerzos de calibración complicados.

Los problemas del estado de la técnica que se mencionaron anteriormente se solventan mediante un dispositivo y un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones independientes. Las realizaciones ventajosas son el contenido de

las reivindicaciones dependientes.

### **Sumario de la invención**

La presente invención proporciona un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9.

5 La presente invención proporciona un dispositivo para medir ópticamente la superficie de un producto sometido a ensayo, lo que habilita la realización de una inspección de la superficie de un producto, una inspección del alineamiento de componentes o una inspección de la disposición de pasta de soldadura con anterioridad a un proceso de soldadura de reflujo, y lo que habilita la creación de un modelo óptico en 3D de la superficie del producto. El dispositivo comprende los siguientes componentes:

10 • una fuente de luz blanca, que ventajosamente emite un haz de luz blanca con un espectro continuo. La luz se rectifica mediante una unidad de colimación que incluye unos medios ópticos, tales como lentes, medios de apertura etc., en un haz paralelo, estrecho y colimado que entonces se hace pasar a través de una unidad de espectrómetro, preferentemente un prisma óptico o un graduador de difracción. Preferentemente, los medios de apertura comprenden un diafragma de rendija para producir un haz de luz blanca expandido, plano y ancho.

15 • una unidad de espectrómetro, especialmente un prisma óptico, que actúa como mediador en una descomposición de la luz blanca en un haz de luz multicromática que comprende un espectro de frecuencia de la luz ancho. La luz multicromática que se introduce en el prisma contiene todos los componentes de color o unos seleccionados de la luz blanca. Después de pasar a través de la unidad de espectrómetro, la luz blanca se desintegra en colores individuales de acuerdo con la ley de refracción de la luz. Los componentes individuales son monocromáticos, teniendo unos valores de tonalidad diferentes, mediante los que el haz multicromático comprende un espectro que está distribuido espacialmente y que ilumina una superficie de un producto sometido a ensayo en una dirección de exploración. La anchura de este espectro influye directamente la precisión de la medición de una altura según el eje z de la superficie del producto.

20 • una cámara, preferentemente una cámara de exploración de línea. La cámara registra gradualmente la superficie sometida a ensayo línea a línea a la vez que el producto sometido a ensayo se mueve en relación con la cámara en una dirección de exploración según el eje x. La posición geométrica de la cámara y la fuente de luz, a la vez que se registra todo el tiempo, sigue siendo la misma. La cámara y la luz se ajustan a una altura cero línea a línea (nivel de referencia cero) de tal modo que la cámara visualiza el inicio del espectro, es decir, el color rojo. Todas las alturas distintas de cero se visualizan entonces en otro color tal como están en el espectro de color. De este modo, debe resaltarse que o bien el producto sometido a ensayo se mueve en relación con la fuente de luz blanca, la unidad de espectrómetro y la cámara, o bien la fuente de luz blanca, la unidad de espectrómetro y la cámara se mueven relativamente con respecto al producto sometido a ensayo.

25 Dicho de otra forma, el dispositivo para medir ópticamente la superficie de un producto sometido a ensayo, especialmente para inspeccionar un producto de PCB para inspección de pasta de soldadura de reflujo, comprende al menos una fuente de luz blanca para emitir un haz de luz blanca, al menos una unidad de colimación para colimar dicho haz de luz blanca, al menos una unidad de espectrómetro, preferentemente un prisma óptico o un graduador de difracción óptica para dividir dicho haz de luz blanca en un haz de luz multicromática que se dirige sobre dicho producto sometido a ensayo bajo un ángulo y incidente predeterminado, y al menos una cámara para registrar un haz reflejado de una luz monocromática de dicho producto sometido a ensayo. De esta forma, una información de altura de superficie según el eje z de dicho producto sometido a ensayo puede extraerse a partir de un valor de tonalidad de dicho haz reflejado de una luz monocromática a la vez que se mueve relativamente dicho producto sometido a ensayo en una dirección de exploración según el eje x.

30 La unidad de colimación puede colimar preferentemente la luz al menos hasta una calidad de colimación de 2º o menos en todas las direcciones. En contraste con la luz paralela, la luz colimada crea unos haces muy paralelizados de luz de todos los colores/valores de tonalidad. La unidad de colimación puede comprender unos medios de rectificación óptica, tales como lentes, aperturas o espejos, para colimar la luz en 360º. A partir de la luz colimada se forma una línea espectral multicromática de luz mediante la unidad de espectrómetro, en la que los colores individuales/valores de tonalidad se representan de una forma tal que se pueden distinguir entre sí. Para dirigir dicha luz, pueden usarse unos medios de mezclado de luz, por ejemplo, una apertura o una fibra.

35 De acuerdo con una realización ventajosa, dicha fuente de luz blanca puede tener un espectro continuo. Alternativa o adicionalmente, el ancho de banda de frecuencia del espectro puede ser variable, preferentemente en un intervalo de longitudes de onda de 350 a 850 nm (de ultravioleta a infrarrojo). Alternativa o adicionalmente, la intensidad de la fuente de luz blanca puede ser ajustable, preferentemente mediante la atenuación de dicha fuente de luz o conmutando selectivamente dos o más fuentes de luz a encendido o a apagado en paralelo.

De acuerdo con otra realización favorable de la invención, un conjunto de una fuente de luz blanca, una unidad de

colimación y una unidad de espectrómetro pueden representarse mediante un proyector de LCD, un proyector de vídeo u otro dispositivo de formación de imágenes en vídeo que sea capaz de producir un haz de luz multicoloreada. En ese sentido, un proyector normalmente comprende un haz de luz blanca, una unidad de colimación para rectificar y colimar dicho haz de luz blanca y una unidad de espectrómetro, por ejemplo, un LCD multicolor para convertir dicho haz de luz blanca en un haz de luz multicoloreada. Normalmente, las especificaciones de un haz multicromático de luz, tales como la luminosidad, el ángulo de apertura, la anchura de diferentes partes de dicho haz coloreado etc., producido por un proyector de LCD puede controlarse fácilmente mediante una unidad de control de imagen para producir un haz multicromático de luz con una resolución de anchura de color diferente de tal forma que puede controlarse fácilmente la exactitud de la medición. Además, tal proyector de LCD es capaz de producir 100 fps o incluso más para cambiar de forma adaptativa la forma del haz. Un proyector puede combinarse fácilmente con una cámara de exploración de área o de línea para proporcionar una realización de la invención.

De acuerdo con otra realización ventajosa, dicha fuente de luz blanca puede estar adaptada para producir un haz en franja de luz blanca. Alternativa o adicionalmente, dicha fuente de luz puede ser una fuente de luz de LED, preferentemente una franja de LED, en la que al menos una microlente puede estar acoplada ópticamente a al menos un LED para la rectificación previa de dicho haz de luz blanca. Alternativa o adicionalmente, pueden conmutarse múltiples LED de una franja de LED selectivamente o bien a encendido o bien a apagado para aumentar la intensidad y/o la longitud de un haz de luz blanca en una dirección según el eje y perpendicular a dicha dirección de exploración. Alternativa o adicionalmente, una franja de LED puede comprender múltiples LED coloreados de forma diferente para mezclar una luz multicoloreada en un haz de luz blanca para proporcionar un espectro de frecuencia ajustable de dicho haz de luz blanca. Preferentemente, dicha franja de LED comprende uno o más LED. Los LED producen una luz no colimada que emite rayos en todas las direcciones, en consecuencia ha de rectificarse previamente la radiación de la luz de acuerdo con la estructura de la franja de LED.

Dicha franja de luz puede estar adaptada para una anchura de exploración deseada de tal forma que el dispositivo puede inspeccionar productos con diferentes anchuras según el eje y. Favorablemente, la franja de luz puede tener la anchura de la anchura de exploración máxima, mediante lo que dicho haz "largo" de luz blanca puede enfocarse de forma adaptativa en un haz "corto" de luz blanca mediante una óptica libre de paralaje. Por ejemplo, una franja de luz de este tipo puede tener una longitud de 450 a 600 mm en la dirección según el eje y, y la longitud de dicho haz plano de luz blanca puede enfocarse mediante una óptica libre de paralaje en una longitud de 150 mm. La resolución de altura según el eje z puede estar adaptada mediante una anchura de apertura variable, el ángulo espectrométrico de dicha unidad de espectrómetro o la distancia de la unidad de espectrómetro con respecto a la superficie. Debido a la variabilidad de la resolución de altura según el eje z, pueden conseguirse diferentes resoluciones de exploración. La anchura según el eje y de la franja de luz puede ampliarse usando espejos, elementos de guiado de luz, tales como fibras, o lentes etc.

Una franja de luz puede también producirse a partir de una fuente de luz puntual mediante el uso de un objetivo y/o de una lente cilíndrica. De este modo, la elección de vidrios diferentes puede ajustar unos índices de refracción diferentes y puede aumentar una imagen libre de paralaje.

Los LED producen a menudo una luz blanca distribuida de forma no homogénea. Por lo tanto, puede ser ventajoso mezclar unos tipos diferentes de LED blancos o de múltiples colores para producir un espectro de luz blanca homogéneo. Una mezcla de este tipo puede conseguirse usando lentes, espejos, ópticas de fibra de vidrio o similares. Además, varias franjas de luz pueden usarse en paralelo para la adición de unos haces de luz con el fin de aumentar la velocidad de exploración.

La calidad de la luz blanca puede aumentarse adicionalmente integrando un elemento de filtro de polarización en la fuente de luz blanca para reducir los efectos de reflexión y es especialmente ventajoso para iluminar unas superficies metálicas/no metálicas. A modo de conclusión, la calidad de la luz blanca puede aumentarse mediante:

- un tamaño de apertura variable;
- una homogeneidad espectral del haz de luz blanca;
- una luz libre de paralaje para reducir los efectos de ensombrecimiento;
- unos medios ópticos para adaptar la longitud de la franja de luz a la longitud de la apertura en la dirección según el eje y;
- unos medios de control de intensidad de luz para ajustar los efectos de reflexión de superficie;
- una longitud adaptable de la franja de luz para adaptar la anchura de exploración a las dimensiones de producto.

De acuerdo con otra realización ventajosa, dicha unidad de colimación puede estar adaptada para colimar dicho haz de luz blanca en 360° y puede estar adaptada para formar un haz en franja de luz blanca que es perpendicular a dicha dirección de exploración y puede comprender preferentemente al menos una lente y/o una rejilla de colimación y/o al menos unos medios de apertura, preferentemente unos medios de apertura de diafragma de rendija ajustable.

De acuerdo con otra realización ventajosa, dicho dispositivo puede comprender también unos medios de transporte de exploración para transportar de forma relativa dicho producto sometido a ensayo o dicha fuente de luz, unidad de espectrómetro, unidad de colimación y la cámara en una dirección de exploración.

De acuerdo con otra realización ventajosa, dicha cámara puede ser una cámara de exploración de línea, que preferentemente comprende una unidad de apertura de cámara y/o una unidad de lente de paralaje para reducir los efectos de paralaje, especialmente una lente cilíndrica o una unidad de lente redonda, para recibir un haz de luz monocromática que se refleja a partir de dicho haz de luz multicromática mediante dicho producto sometido a ensayo. Alternativa o adicionalmente, dicha cámara puede ser una cámara digital con una resolución de tonalidad de al menos 8 bits, preferentemente una resolución de tonalidad ajustable de 10, 12 bits o más alta. Alternativa o adicionalmente, dicha cámara puede comprender dos o más filas de exploración de línea, comprendiendo cada fila un filtro de color para aumentar sensibilidad de tonalidad. Alternativa o adicionalmente, dicha cámara puede comprender al menos una fila de exploración gris o negra/blanca para aumentar la calidad de la exploración. Alternativamente, dicha cámara puede ser una cámara de exploración de área, mediante la que pueden extraerse unas filas de exploración únicas o múltiples de dicha área de exploración para un procesamiento de información de altura de tonalidad. Una cámara de área de este tipo puede tener preferentemente 1.500 filas o más y puede usarse para resoluciones tan bajas como 20  $\mu\text{m}$ . Ventajosamente, la cámara comprende dos o más líneas de exploración con unos elementos de filtro de color diferentes delante de dichas dos o más líneas de exploración que aumentan la sensibilidad de cada línea de exploración a unos valores de tonalidad diferentes mediante dichos elementos de filtro de color diferentes.

Debido a una gran anchura de exploración según el eje y de una cámara perpendicular a una exploración según la dirección de movimiento según el eje x, una imagen explorada puede comprender unos errores relacionados con el paralaje. El uso de lentes de paralaje en la línea de visión entre la superficie del producto y la cámara, pero también entre la fuente de luz blanca y la unidad de espectrómetro, permite la corrección de los errores de paralaje, lo que en consecuencia habilita una exploración en 3D de un producto sin una alta calidad. Se supone que un sistema de lentes de paralaje corrige las diferentes características de difracción de la luz de todas las longitudes de onda. El sistema de lentes puede comprender unas lentes cilíndricas de longitud extendida pero también unas lentes redondas. Las lentes cilíndricas pueden ser ventajosas cuando se usa una cámara de exploración de línea.

El grado de la resolución de altura según el eje z es el resultado de una combinación de los valores de tonalidad reflejados de la luz espectral y de la exactitud de la resolución de color de dicha cámara. Los CCD u otras cámaras digitales pueden normalmente proporcionar una resolución de color de 8 a 10 bits por píxel. El ajuste de la resolución de color de la cámara puede aumentar la resolución de medición. El uso de diferentes números de líneas de cámara para una exploración puede ser otra posibilidad de cambiar la escala de la resolución de medición. Por ejemplo, puede usarse una cámara de dos líneas y la cámara puede enfocarse sobre dos o más áreas de color diferentes de tal forma que puede conseguirse una resolución cuya escala puede cambiarse. El número de líneas de cámara puede aumentarse también a cuatro o incluso más líneas de exploración, mediante lo que pueden asignarse unos filtros de color diferente a las filas de línea de cámara individuales, aumentando en consecuencia la exactitud de la resolución.

El uso de una cámara de área o de múltiples cámaras de línea que sean capaces de la exploración de un área de superficie del producto sometido a ensayo en lugar de una exploración de cámara de línea de una línea de superficie según el eje y perpendicular a una exploración según la dirección de movimiento según el eje x puede también usarse ventajosamente como una cámara de exploración. Pueden extraerse líneas individuales de la imagen producida por el área de superficie como múltiples filas de exploración, mediante lo que un número en aumento de filas extraídas puede aumentar la exactitud de la medición. Además, puede aumentarse la velocidad de la exploración extrayendo múltiples filas de exploración a la vez.

Una cámara puede comprender una o más filas de exploración sensibles al color y al menos una fila de exploración negra/blanca o gris. En ese sentido, la fila de exploración negra/blanca o gris puede explorar una imagen en 2D de la superficie del producto para proporcionar unas dimensiones según los ejes x/y del producto. La fila de exploración de color proporciona información de tonalidad de la altura según el eje z de la superficie del producto de tal forma que en un proceso de exploración pueden extraerse los valores de dimensión según los ejes x/y y z del producto. Especialmente si una superficie de un producto está llena de grietas, una imagen en 2D proporciona unas dimensiones exactas según los ejes x/y para asociar unos datos según el eje z a unas áreas de superficie diferenciadas del producto.

Puede ser ventajoso el uso de una cámara que comprende una unidad de procesamiento para convertir directamente unos valores de tonalidad en unos valores de altura según el eje z que se basan en unos datos de calibración de un mapa de tonalidad respecto de altura. En consecuencia, la unidad de procesamiento de la cámara puede convertir directamente unos datos sin procesar de la cámara en unos datos de altura según el eje z que pueden transmitirse a una unidad de control. Además, dicha unidad de procesamiento puede usar diferentes rutinas de calibración, tales como una extracción de luminosidad, una conversión de datos de RGB en HSI (tonalidad, saturación, intensidad), una calibración geométrica que se basa en la captura de datos de fila y en el cálculo de desplazamiento de fila, etc. En consecuencia, la cámara es capaz de emitir como salida directamente unos datos de medición de altura según el eje z, mediante lo que la cámara puede proporcionar unos datos de área en 3D del producto de exploración.

De acuerdo con otra realización ventajosa, al menos dos o más cámaras pueden estar dispuestas en una dirección según el eje y perpendicular a dicha dirección de exploración según el eje x para una exploración paralela,

aumentando en consecuencia la anchura de exploración de dicho producto. Alternativa o adicionalmente, dichas dos o más cámaras pueden estar dispuestas de forma estereométrica para una exploración en 3D de dicho producto para reducir los efectos de ensombrecimiento e iluminación. La disposición de dos o incluso más cámaras en una fila de exploración perpendicular a una dirección de exploración puede aumentar la anchura de exploración, lo que en consecuencia habilita una exploración de grandes productos con una alta velocidad. El uso de una disposición estereométrica de dos o más cámaras que se enfocan en una línea determinada o sobre la superficie del producto puede disminuir los efectos de ensombrecimiento lo que puede aumentar de este modo la exactitud de la medición.

De acuerdo con otra realización ventajosa, dicho dispositivo puede comprender además una unidad de control en conexión eléctrica con al menos dicha cámara, dicha unidad de control puede comprender unos medios de control y unos medios de establecimiento de mapas de tonalidad respecto de altura adaptados para al menos controlar dicha cámara y para establecer mapas de valores de tonalidad de una imagen que se captura mediante dicha cámara con el fin de obtener una información de altura de superficie de dicho producto.

De acuerdo con otra realización ventajosa, dicho dispositivo puede comprender además unos medios de ajuste que pueden controlarse mediante dichos medios de control de dicha unidad de control para ajustar la anchura del espectro  $d$  de color de dicho haz multicromático, en particular para ajustar una anchura  $w$  de la armadura de dicha unidad de colimación, y/o para ajustar una altura  $b$  de división de haz, una distancia  $a$  entre la línea óptica de la fuente y la cámara o dicho ángulo  $\alpha$  de prisma de dicha unidad de espectrómetro para ajustar la sensibilidad de medición de altura.

El procedimiento de medición del producto sometido a ensayo comprende las siguientes etapas de:

- calibrar la escala de color para [mm] de la altura. Esto se realiza explorando la declinación del área en la que el ángulo de declinación se conoce por adelantado con una alta precisión. La imagen de esta área declinada adquirirá gradualmente todo el espectro y, al mismo tiempo, la altura en el área real se conocerá a partir de la geometría del área declinada. La función del color de dependencia  $[R, G, B] = \text{función (altura)}$  [mm] se deducirá a partir de la misma;
- Realizar ensayos de la composición de la superficie de exploración. La imagen producida por la cámara está compuesta por imágenes individuales que visualizan todas las partes sobre la superficie del producto sometido a ensayo. Las dimensiones en el eje  $x$  e  $y$  se corresponden con las dimensiones reales del artículo registrado. La reflexión de color del artículo se corresponde con su altura por encima de la superficie.
- Entonces, el software calcula (de acuerdo con la función que se adquiere durante la calibración) los valores que se han averiguado de los componentes de color  $[R, G, B]$  de los píxeles individuales para la altura real (eje  $z$ ).

En el área sometida a ensayo actualmente, el software devuelve directamente los valores de la altura (por ejemplo, el área superior del condensador).

Dicho de otra forma, el procedimiento de la invención para medir ópticamente la superficie de un producto sometido a ensayo, especialmente un producto de PCB para inspección de pasta de soldadura de reflujo, usando un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones mencionadas anteriormente, comprende las siguientes etapas:

Un haz de luz blanca se emite por dicha fuente de luz blanca que se rectifica y se colima mediante dicha unidad de colimación en un haz estrecho paralelo que pasa a través de dicha unidad de espectrómetro, mediante la que se desintegra en un espectro de color. La reflexión de dicho haz multicromático sobre dicho producto o sobre unos componentes del mismo se registra mediante dicha cámara. A la vez que se mueve dicho producto en una dirección de exploración en relación con dicha cámara, se compone una imagen mediante dicha cámara a partir de imágenes individuales que visualizan todas las partes sobre la superficie de dicho producto y las dimensiones de la imagen en una dirección según el eje  $x$  y según el eje  $y$  se corresponden con las dimensiones reales de dicho producto. Al mismo tiempo, los valores de tonalidad de la imagen, es decir, los valores de componentes de color  $[R, G, B]$  de los píxeles individuales, se asignan a unos valores de altura de superficie de dicho producto.

De acuerdo con otra realización ventajosa, un establecimiento de mapas de tonalidad respecto de altura de los valores de tonalidad del espectro de color con respecto a unos valores de altura de superficie según el eje  $z$  puede calibrarse mediante al menos un registro gradual de una declinación de la superficie de un cuerpo de calibración con un ángulo  $\beta$  de calibración que se conoce por adelantado con una alta precisión y puede almacenarse en un mapa de tonalidad respecto de altura de unos medios de establecimiento de mapas de tonalidad respecto de altura. Preferentemente, el cuerpo de calibración es una placa o disco de vidrio o de cerámica o está hecho de un material de borde.

Calibrando el dispositivo de medición explorando un cuerpo de calibración que tiene una superficie que se declina en un ángulo  $\beta$  de calibración que se conoce por adelantado, pueden omitirse unas acciones de calibración

complicadas, tales como unos ajustes mecánicos de alta precisión del dispositivo y unos procedimientos complicados para determinar los valores de altura de superficie. Una calibración mecánica complicada que es necesaria para una resolución de 1  $\mu\text{m}$  o menos conduciría a una acción de medición muy costosa y complicada y por lo tanto no es aplicable para los procedimientos de producción en serie. El reconocimiento de altura de superficie se correlaciona con unas tonalidades espectrales de la luz reflejada a partir de la superficie del producto sometido a ensayo. Debido a que la resolución de los píxeles de la cámara está limitada, los componentes espectrales de la luz reflejada están mezclados normalmente. El dispositivo puede calibrarse midiendo una función de rampa de una superficie declinada de un cuerpo de calibración, que está declinada en un ángulo  $\beta$  de calibración. Además, puede también usarse una superficie curva del cuerpo de calibración si la función de curvatura de la superficie se conoce por adelantado. A partir de la exploración de un relieve de superficie de este tipo de un cuerpo de calibración, puede crearse un mapa de tonalidad respecto de altura, lo que habilita la determinación de una altura de superficie a partir de un valor de tonalidad medido. Para aumentar la calidad de calibración del dispositivo, puede repetirse una rutina de calibración con unos ángulos de calibración diferentes y/o unas anchuras de cuerpo de calibración diferentes, mediante lo que puede calcularse un mapa de tonalidad respecto de altura promedio en función de los resultados de las diferentes rutinas de calibración. Los diferentes componentes espectrales de la luz reflejada de la superficie de los diferentes ángulos de calibración pueden asignarse a diferentes valores de altura según el eje z de acuerdo con la función de curvatura del cuerpo de calibración.

Durante un proceso de exploración puede extraerse una evaluación directa de la información de altura a partir de los valores de tonalidad de los datos de imagen producidos mediante dicha cámara (unos datos de imagen sin procesar). En consecuencia, puede producirse un perfil de alturas en tiempo real según el eje z de la superficie de la cámara sometida a ensayo, eliminando cualquier retardo en la medición, mediante lo que dicho procesamiento en tiempo real puede lograrse preferentemente usando un procedimiento de procesamiento de línea.

Durante un proceso de calibración, una adaptación de la anchura de paso del movimiento del cuerpo de calibración en una exploración según la dirección de movimiento según el eje x afecta a la calidad de calibración. La elección de una pequeña anchura de paso o de una gran anchura de paso determina la calidad de la calibración y la resolución de medición de altura según el eje z, de tal modo que puede optimizarse una proporción de SNR (proporción señal ruido). Por ejemplo, una rampa de superficie de un cuerpo de calibración que tiene unas dimensiones de 100 mm x 150 mm x 5 mm (longitud x anchura de exploración x altura) puede explorarse con una anchura de paso de exploración de 20  $\mu\text{m}$ , lo que conduce a una cantidad de datos de exploración de 5.000 píxeles x 7.500 píxeles, que tiene que almacenarse como mapa de tonalidad respecto de altura y que limita la resolución de altura según el eje z a 5.000 valores de altura. La reducción de dicha anchura de paso a 1  $\mu\text{m}$  conduce a una resolución de exactitud de altura según el eje z de 100.000 valores de altura. Una modificación adicional de la superficie del cuerpo de calibración, por ejemplo, a continuación de una función de superficie de calibración predefinida, puede además aumentar la exactitud de resolución. El uso de un mapa de tonalidad respecto de altura calibradas previamente reduce el esfuerzo de procesamiento de datos para los procesos de exploración adicionales, mejorando en consecuencia el tiempo de exploración y reduciendo las limitaciones en términos de la precisión mecánica del dispositivo de medición. En consecuencia, la producción en serie de dispositivos de medición puede hacerse menos costosa y más fácilmente viable.

De acuerdo con otra realización ventajosa, la posición geométrica de dicha cámara y de dicha fuente de luz puede ser estática durante todo el tiempo que dura la exploración y/o puede realizarse un establecimiento de mapas de tonalidad respecto de altura en tiempo real durante la exploración usando dicho mapa de tonalidad respecto de altura.

De acuerdo con otra realización ventajosa, dicha cámara puede registrar gradualmente unos valores de tonalidad línea a línea de una superficie de dicho producto a la vez que se mueve relativamente dicha cámara contra dicho producto en una dirección de exploración.

De acuerdo con otra realización ventajosa, dicha cámara y dicha luz blanca pueden ajustarse de tal modo que el inicio de dicho espectro de color se hace corresponder con una altura cero. Alternativa o adicionalmente, los valores de tonalidad que se registran por dicha cámara pueden convertirse por medio de una función de calibración, preferentemente mediante un mapa de tonalidad respecto de altura, en una altura de superficie real del producto o de los componentes del mismo.

De acuerdo con otra realización ventajosa, puede crearse un modelo en 3D del producto en base a unos valores medidos según los ejes x e y de una imagen de dicha cámara y en unos valores de altura según el eje z que se basan en unos valores de tonalidad de dicha imagen en el eje x e y.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se propone una aplicación de una realización de un dispositivo mencionado anteriormente y un procedimiento mencionado anteriormente para medir las dimensiones de un producto y/o para construir un modelo en 3D de dicho producto, especialmente para medir e inspeccionar la posición y la altura de la pasta de soldadura de reflujo en un producto de PCB y/o para medir la rugosidad de la superficie de dicho producto.

La rugosidad de la superficie puede someterse a ensayo usando un dispositivo de medición de calibración

automática con una alta exactitud de altura según el eje z y una estrecha anchura del haz de luz multicromática. Puede usarse como cuerpo de calibración una superficie que tiene un valor de rugosidad predefinido de la superficie en lugar de un cuerpo de calibración que tiene una superficie declinada en un ángulo  $\beta$  de calibración. En consecuencia, tienen que explorarse diferentes cuerpos de calibración con diferentes valores de rugosidad de la superficie en diferentes alturas según el eje z de acuerdo con una realización del dispositivo de medición para calibrar el dispositivo para una medición de la rugosidad de la superficie. El mapa de tonalidad respecto de altura extraída puede usarse para determinar la rugosidad de la superficie de unas superficies en diferentes niveles de altura según el eje z.

#### **Ventajas del contenido de la invención**

Las principales ventajas de la presente invención pueden verse en la simplicidad, la resistencia y la integración de la solución de la invención. El registro de la imagen junto con la exploración del artículo para el ensayo geométrico se lleva a cabo en una etapa. Si no es necesario realizar un ensayo del área para el color, es posible implementar un ensayo en 3D directamente sobre la lectura normal de la imagen que no prolonga el tiempo de ensayo. No es necesario volver a calcular el modelo en 3D o modelarlo (como en el caso de otros sistemas), la altura del artículo se registra mediante color en la imagen y puede leerse directamente. Después de incorporar los sistemas existentes, no se precisa ninguna acción adicional que requiera tiempo, la invención sólo tiene mínimas demandas en términos del software y puede usarse como un módulo adicional en un equipamiento ya existente.

La alta variabilidad y facilidad de uso tienen su origen en el margen de medición fácilmente ajustable mediante el que es posible lograr la precisión requerida de la medición. El margen de medición se ajusta mediante la distancia o girando el prisma óptico cuando se cambia la anchura (y también la altura) del espectro de color de tal modo que se ilumina la superficie sometida a ensayo. Por lo tanto, es posible lograr una precisión de la medición para unos artículos pequeños y los componentes de los mismos (el intervalo de medición es del orden de décimas de mm - por ejemplo, unos componentes electrotécnicos) de varios micrómetros.

La base de este equipamiento son componentes ópticos, por lo tanto, no se producen ni desgaste ni envejecimiento. El único componente que tiene una vida útil restringida es la fuente de luz; no obstante, pueden existir variaciones de entre cientos y miles de horas de operación.

#### **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención junto con los objetos y ventajas que se mencionan y otros puede entenderse de la mejor forma a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones, si bien no está restringida a estas realizaciones.

En los dibujos:

- la figura 1 - ilustra un ejemplo de un dispositivo de medición para la inspección de un alineamiento de componente electrónico en una PCB;
- la figura 2 - ilustra el ejemplo de un dispositivo de medición para la inspección de un componente electrónico delgado en una PCB que se corresponde con un espectro de color rojo;
- la figura 3 - ilustra el ejemplo de un dispositivo de medición para la inspección de un componente electrónico de medio tamaño en una PCB que se corresponde con un espectro de color verde;
- la figura 4 - ilustra el ejemplo de un dispositivo de medición para la inspección de un gran componente electrónico en una PCB que se corresponde con un espectro de color violeta;
- la figura 5 - ilustra un ejemplo de un mapa de tonalidad respecto de altura de espectro de color con un intervalo de escala de 0 a 10 mm;
- la figura 6 - ilustra otro ejemplo de un dispositivo de medición con unos medios de apertura ajustables;
- la figura 7 - ilustra otro ejemplo de un dispositivo de medición con un prisma óptico ajustable;
- la figura 8 - ilustra otro ejemplo de un dispositivo de medición con una altura ajustable del prisma óptico;
- la figura 9 - ilustra otro ejemplo de un dispositivo de medición;
- la figura 10 - ilustra una configuración de la unidad de colimación y de la fuente de luz para una realización de un dispositivo de medición de acuerdo con la presente invención;
- la figura 11 - ilustra otra configuración de la unidad de colimación y de la fuente de luz para una realización de un dispositivo de medición de acuerdo con la presente invención;
- la figura 12 - ilustra otra configuración de la unidad de colimación y de la fuente de luz para una realización de

un dispositivo de medición de acuerdo con la presente invención.

La figura 13 - ilustra otra configuración de la unidad de colimación y de la fuente de luz para una realización de un dispositivo de medición de acuerdo con la presente invención.

Un dispositivo 15 a modo de ejemplo para la medición de un producto sometido a ensayo para crear ópticamente un modelo en 3D se muestra en la figura 1 y comprende una fuente 1 de luz blanca con un espectro continuo de luz blanca, una unidad 4 óptica para rectificar y colimar la luz blanca en un haz colimado de luz 30 blanca, un prisma 2 óptico para dividir dicho haz colimado de luz 30 blanca en un haz 31 multicromático y una cámara 3 de exploración de línea de RGB. La luz de la fuente 1 de luz se colima mediante la unidad 4 óptica en un haz 30 estrecho y paralelo que entonces se hace pasar a través del prisma 2 óptico que actúa como una unidad de espectrómetro y que actúa como mediador en la desintegración de la luz en un espectro 31 (figura 5). La luz 30 colimada que se introduce en el prisma 2 contiene todos los elementos de color. Después de pasar a través del prisma 2 óptico la luz 30 blanca se desintegra en colores 31 individuales de acuerdo con la ley de refracción de la luz. Los componentes individuales son monocromáticos y se reflejan como un espectro 55 a través de un haz 32 de luz monocromática. La anchura  $d$  6 del espectro 55 influye directamente sobre la resolución de distancia en el eje  $z$ . La cámara 3 de línea (de fila única), que es preferentemente una RGB o al menos una cámara 3 de dos colores, explora gradualmente una superficie del producto 5 sometido a ensayo línea a línea mediante lo cual se mueve en una dirección 9 de exploración según el eje  $x$ . La posición geométrica de la cámara 3 y la luz 32 reflejada es la misma durante todo el período de exploración. La cámara 3 y la luz 32 reflejada se ajustan a una altura cero (nivel de referencia cero) de tal modo que la cámara 3 visualiza el inicio 7 del espectro 55, es decir, el color rojo. Todas las alturas distintas de cero se visualizan en otro color tal como están en el espectro 55 de color. Para ajustar la anchura  $d$  6 del espectro 55 de color el tamaño de apertura de la unidad 4 de colimación es ajustable, ajustando en consecuencia la calidad de la resolución y el intervalo de medición de los valores según el eje  $z$ . El producto sometido a ensayo es una PCB 5 en la que se disponen varios componentes 16 electrónicos, tales como condensadores, transistores o CI. El dispositivo 15 de medición inspecciona el correcto alineamiento de los componentes 16 electrónicos.

La forma en que se lleva a cabo la medición del producto sometido a ensayo comprende varias etapas. La primera etapa es la calibración del espectro de color para una conversión de distancia de la altura. Esto se realiza explorando el ángulo  $\beta$  20 de declinación de un área de superficie de un cuerpo 19 de calibración en el que el ángulo de la declinación  $\beta$  20 se conoce por adelantado con una alta precisión - véase la figura 9. La imagen de esta área declinada proseguirá gradualmente a lo largo de todo el espectro 55 y, al mismo tiempo, la altura en el área real se conocerá a partir de la geometría de la altura declinada. La función de la dependencia del color  $[R, G, B] = \text{función (altura)}$   $[\text{mm}/\mu\text{m}]$  se deduce a partir de la misma.

Una etapa adicional es el ensayo de la composición de la superficie de exploración. La imagen producida por la cámara 3 está compuesta por imágenes individuales que visualizan todas las partes sobre la superficie del producto 5 sometido a ensayo. Las dimensiones en el eje  $x$  e  $y$  se corresponden con las dimensiones reales del producto 5 registrado. La reflexión 32 de color del producto 5 se corresponde con su altura por encima de la superficie. Entonces, un software calcula (de acuerdo con la función que se adquiere durante la calibración) los valores que se han averiguado de los componentes de color  $[R, G, B]$  de los píxeles individuales para la altura real (eje  $z$ ). En el área real sometida a ensayo, el software devuelve directamente los valores de la altura (por ejemplo, el área superior del condensador).

La figura 1b ilustra esquemáticamente una disposición especial de la cámara 3, la fuente 1 de luz blanca, la unidad 4 de colimación, la unidad 2 de espectrómetro y el producto 5 sometido a ensayo. La fuente 1 de luz blanca emite una luz blanca que se colima mediante la unidad 4 de colimación en un haz colimado de luz 30 blanca. El haz colimado de luz 30 blanca se divide en un haz 31 de luz multicromática mediante la unidad 2 de espectrómetro, mediante la que el centro del haz 31 de luz multicromática incide sobre la superficie del producto 5 en el punto  $P_3$ . En el punto  $P_3$ , un haz 32 de luz monocromática se refleja perpendicular a una superficie plana del producto 5 sometido a ensayo en una lente de una cámara 3. Un eje óptico de la fuente 1 de luz blanca incide sobre la superficie del producto 5 en el punto  $P_2$ . El punto  $P_1$  define un punto de entrada del haz 30 de luz colimada en la unidad 2 de espectrómetro, en la que el haz colimado de luz 30 blanca se refracta y se expande en un haz 31 de luz multicromática. Los puntos  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  definen un triángulo rectángulo, mediante el que un ángulo  $\gamma$  define el ángulo de incidencia con el que el haz 31 de luz multicromática incide sobre la superficie del producto. Este ángulo  $\gamma$  depende de la altura  $b$  de la unidad 2 de espectrómetro por encima de la superficie del producto 5 (la distancia entre los puntos  $P_1$  y  $P_2$ ) y una distancia  $a$  entre el eje óptico de la fuente 1 de luz blanca y la cámara 3 (la distancia entre los puntos  $P_2$  y  $P_3$ ). Variando  $a$  y  $b$ , lo que significa variar el ángulo  $\gamma$  incidente, puede ajustarse una resolución de medición de los valores de superficie.

Las figuras 2, 3 y 4 visualizan esquemáticamente una medición de un componente 16 electrónico que está montado en una placa 5 PCB, a la vez que se explora la placa 5 PCB en una dirección 9 de exploración. La figura 2 ilustra la reflexión de un espectro 55 en un componente 16 electrónico de pequeño tamaño, tal como un CI. La altura del componente 16 electrónico es pequeña, de tal modo que se refleja una luz monocromática (luz roja) cerca del inicio del espectro 7 de color.

La figura 3 ilustra una reflexión de un componente 16 electrónico de medio tamaño, por ejemplo, un transistor,

mediante el que se refleja y se detecta un color monocromático procedente de la mitad del espectro, por ejemplo, un color verde, mediante la cámara 3. La figura 4 ilustra una reflexión de un haz de luz multicromática de un gran componente 16 electrónico, tal como un condensador. Una luz violeta, cerca del final del espectro 8 de color se refleja en la cámara 3. En ese sentido, a partir de unos valores de tonalidad diferentes (rojo, verde, violeta) puede medirse fácilmente una altura de un componente 16 electrónico montado en una PCB 5.

La figura 5 muestra un mapa de tonalidad respecto de altura para su uso en un dispositivo de medición. El mapa de tonalidad respecto de altura correlaciona un intervalo de alturas de 0 a 10 mm con un intervalo de luz espectral de entre 460 y 740 THz (una longitud de onda de 420 a 660 nm). Puede extraerse una correlación de este tipo entre la longitud de onda/frecuencia y las dimensiones métricas mediante una rutina de calibración de acuerdo con una realización del procedimiento de la invención.

Las figuras 6, 7 y 8 ilustran varias opciones de variación de la anchura del espectro 55 de color para controlar la resolución de medición de un dispositivo 15 de medición. La figura 6 ilustra una disposición en la que un tamaño de apertura de la unidad 4 de colimación se hace variar entre un tamaño  $w_1$  de apertura y un tamaño  $w_2$  de apertura. En consecuencia, se hacen variar la anchura del haz colimado de luz 30 blanca y el ángulo difusión del haz 31 de luz multicromática y en consecuencia la anchura 6 del espectro 55 cambia de una longitud  $d_1$  a una longitud  $d_2$ .

La figura 7 muestra un efecto similar variando un ángulo de apertura  $\alpha$  18 de un prisma 2 óptico. En la figura 7a un prisma óptico tiene un ángulo  $\alpha_1$  de apertura, lo que da como resultado una anchura  $d$  16 del espectrómetro 55. Variando el ángulo  $\alpha_1$  de apertura a un valor  $\alpha_2$ , una anchura 6 del espectrómetro 55 cambia para  $d_1$  a  $d_2$ . Un prisma óptico que tiene un ángulo  $\alpha$  18 de apertura variable puede proporcionarse usando un prisma óptico líquido, mediante el que el ángulo de apertura  $\alpha$  18 puede ajustarse mediante unos potenciales electroestáticos diferentes o por medios mecánicos u otras técnicas que se conocen a partir del estado de la técnica.

La figura 8 ilustra otro dispositivo 15 de medición, en el que puede hacerse variar una altura  $b$  entre una superficie de un producto 5 sometido a ensayo y una unidad 2 de espectrómetro. Variando una distancia  $b_1$  a una distancia  $b_2$ , cambia el ángulo de apertura del haz 31 de luz multicromática, lo que da como resultado en consecuencia una variación de la anchura  $d$  6 del espectrómetro 55 de  $d_1$  a  $d_2$ . De acuerdo con la variación de altura de  $b_1$  a  $b_2$  del espectrómetro 2 a lo largo de la superficie de un producto 5 sometido a ensayo, una distancia  $a$  entre el eje óptico de la fuente 1 de luz blanca y la cámara 3 debe cambiarse también de  $a_1$  a  $a_2$ , lo que en consecuencia deja el ángulo y incidente constante.

La figura 9 ilustra otro dispositivo 15 de medición, en el que se realiza una rutina de calibración. Sobre la parte superior de una superficie del producto 5 se monta un cuerpo 19 de calibración, por ejemplo, una placa 19 de calibración, que tiene un ángulo  $\beta$  20 de inclinación que es ajustable con relación a una superficie horizontal del producto 5 medido. A la vez que se mueve la superficie inclinada del cuerpo 19 de calibración en una dirección 9 de exploración, la fuente 1 de luz blanca produce un haz colimado de luz 30, que se colima mediante una unidad 4 de colimación, y que se divide en un haz 31 de luz multicromática mediante la unidad 2 de espectrómetro. La unidad 2 de espectrómetro tiene un ángulo  $\alpha$  de prisma variable y la unidad 4 de colimación puede cambiar el tamaño  $w$  de apertura para ajustar el ángulo de apertura del haz 31 de luz multicromática para tener influencia en la exactitud de resolución de la medición de altura. Debido al movimiento del cuerpo 19 de calibración en una dirección 9 de movimiento de exploración, se reflejan diferentes haces 32 de luz monocromática hacia la cámara 3, mediante lo cual la cámara 3 se equipa con una unidad 24 de apertura de cámara para eliminar la luz dispersada parásita. La cámara 3 explora la luz en correlación con el movimiento 9 de exploración del cuerpo 19 de calibración que tiene una superficie inclinada con un ángulo  $\beta$  20 de calibración y transfiere los datos de imagen a una unidad 21 de control. La unidad 21 de control comprende unos medios 22 de control que controlan la intensidad/luminosidad de la fuente 1 de luz blanca, la anchura  $w$  de apertura de la unidad 4 de colimación y el ángulo  $\alpha$  18 de prisma de la unidad 2 de espectrómetro. Los datos de tonalidad que se reciben mediante la cámara 3 se almacenan en un conjunto 20 de mapas de tonalidad respecto la altura de unos medios 23 de establecimiento de mapas de tonalidad respecto la altura, mediante los que se asocian diferentes colores con diferentes valores de altura según el eje  $z$  que se conocen a partir del ángulo  $\beta$  de calibración y las dimensiones del cuerpo 19 de calibración.

La figura 10 ilustra un conjunto de una fuente 1 de luz blanca, una unidad 4 de colimación y un prisma 2 óptico para producir un haz 31 de luz multicromática que tiene un inicio de un espectro 7 de color (luz roja) y un final de un espectro 8 de color (luz violeta) que incide sobre una superficie de un producto 5 sometido a ensayo. La figura 10a muestra una vista lateral y la figura 10b una vista superior de dicho conjunto. La fuente 1 de luz blanca comprende una franja 40 de LED, mediante la que múltiples microlentes 41 rectifican la luz blanca difusa emitida por los LED 40 en un haz de luz paralela. La unidad 4 de colimación comprende una primera lente 42, una segunda lente 43 y una cuarta lente 44 así como unos medios 50 de apertura que pueden ser un diafragma de rendija. La anchura  $w$  de apertura del diafragma 50 de rendija es variable de tal forma que puede ajustarse la anchura del haz colimado de luz 30 blanca. La unidad 4 de colimación convierte el haz de luz blanca emitida por la fuente 1 de luz blanca en un haz colimado de luz 30 blanca que tiene unos haces paralelos de luz blanca de todos los valores de color diferentes. El prisma 2 óptico divide el haz colimado de luz 30 blanca en un haz 31 multicromático de un espectro 55 que tiene una anchura  $b$  de apertura.

La figura 11 ilustra otra realización de una fuente 1 de luz blanca, una unidad 4 de colimación y un prisma 2 óptico

para formar un haz multicromático de luz 31. La figura 11a muestra una vista lateral y la figura 11b una vista superior de dicho conjunto. La fuente 1 de luz blanca comprende una franja de LED 40 equipada con unas microlentes 41 y una primera lente 42. La unidad 4 de colimación comprende múltiples lentes 43, 44 y 45 para eliminar los efectos de paralaje y además comprende una unidad 50 de apertura que tiene una anchura de apertura variable y una rejilla 46 de colimación para colimar el haz de luz blanca difusa emitido por la fuente 1 de luz blanca. El haz 30 colimado de luz blanca se convierte en un haz 31 en arco iris de colores multicromáticos mediante un prisma 2.

La figura 12 ilustra otra realización de una fuente 1 de luz blanca, una unidad 4 de colimación y una unidad de espectrómetro, en la que la fuente 1 de luz blanca comprende una franja curvada de LED que comprende una franja de unas microlentes 41 dispuestas en banda para la rectificación previa de una luz de LED blanca emitida. La figura 12a muestra una vista superior y la figura 12b una vista lateral de dicho conjunto. La luz de la fuente 1 de luz curvada se introduce en una unidad 4 de colimación y se rectifica mediante una primera lente 42 cilíndrica, y cae a través de una unidad 50 de apertura que tiene una anchura de apertura ajustable y que finalmente se enfoca mediante una segunda lente 43 elíptica antes de dejar dicha unidad 4 de colimación. El haz 30 colimado de luz blanca se refleja entonces y se convierte en un haz multicromático de luz 31 mediante un graduador 51 de difracción óptica. Una superficie de un producto 5 sometido a ensayo se dispone en paralelo con el eje óptico del haz colimado de luz 30 blanca por debajo de dicho graduador 51 de difracción óptica.

Finalmente, la figura 13 ilustra una realización similar de una fuente 1 de luz blanca, una unidad 4 de colimación y una unidad de espectrómetro, mediante la que la unidad de espectrómetro es un prisma 2 óptico. La figura 13a muestra una vista superior y la figura 13b una vista lateral de dicho conjunto. La fuente 1 de luz blanca comprende una franja 40 de LED curvada equipada con una franja curvada de microlentes 41 para la rectificación previa un haz de luz 30 blanca que se colima mediante una unidad 4 de colimación. La unidad 4 de colimación comprende una lente 42 cilíndrica, unos medios 50 de apertura, que son un diafragma de rendija que tiene una anchura de apertura variable, y una lente 43 elíptica. Finalmente, la unidad 4 de colimación comprende una tercera lente 44 en el extremo óptico del mismo y dicho haz colimado de luz 30 se introduce en un prisma 2 óptico para difractarse en un haz 31 de luz multicromática que incide sobre la superficie de un producto 5 sometido a ensayo.

Otra realización del dispositivo puede usarse para someter a ensayo unas placas electrónicas que contienen unos componentes electrónicos:

- El dispositivo de ensayo 15 se calibra de tal modo que la altura cero se define sobre la superficie de la placa 5 (maestro) montada, de tal modo que después de la exploración, la placa (nivel de referencia cero) se visualizará de un color rojo oscuro (inicio 7 del espectro). El intervalo de medición se selecciona de acuerdo con la parte 12 medida más alta (violeta).
- En la planta de ensayo la posición se define junto con la altura y la tolerancia del producto 5 medido (de la placa).
- Después de pasar la placa a través de la cámara 3 de exploración de línea los componentes individuales del mismo se visualizan en color dependiendo de su altura.
- El software, usando la función de calibración, transfiere unas sombras de color a los valores de la altura dados en milímetros.
- En las áreas sometidas a ensayo se evalúa la altura real del componente y con respecto a la tolerancia especificada la salida está en la forma de una información indicativa de si el producto 5 sometido a ensayo, la placa como un todo (o sus componentes individuales) tienen defectos o no.

Otra realización del dispositivo puede usarse para someter a ensayo superficies de placa o superficies de producto de células solares:

- El dispositivo de ensayo 15 se calibra de tal modo que la superficie en un estado aceptable normal se visualizará después de la exploración en el color que normalmente se encuentra aproximadamente en la parte media del espectro (por ejemplo, verde).
- Se selecciona el intervalo de medición, es decir, las máximas (más grandes) y las mínimas (más pequeñas) desviaciones que pueden darse en la placa sometida a ensayo (curvatura de la placa, defectos de superficie, grietas, abrasiones, sedimentos, etc.). La desviación más pequeña se visualizará de color rojo y la más grande se visualizará de color violeta.
- Toda la superficie del cuerpo de calibración puede definirse como un área sometida a ensayo y se selecciona la tolerancia de desviación de la desviación.
- La placa puede explorarse por medio de una cámara 3 de exploración de línea.
- Usando la función de calibración, el software puede convertir las sombras de color en los valores de la altura dados en milímetros o en micrómetros.
- Se evalúa si alguna de las áreas tiene unas desviaciones mayores que las predeterminadas por la tolerancia permitida. La salida puede ser una información representativa del aspecto de si el producto 5

sometido a ensayo (la placa) tiene defectos o no.

**Aplicabilidad industrial**

- 5 La solución técnica a la invención puede usarse en particular para una la inspección de objetivo o aproximada de la geometría y una medición de la distancia de unos productos individuales o de unos componentes de los mismos, en particular en los casos en los que existe la necesidad de medir ópticamente la distancia entre el sensor y la parte sometida a ensayo, es decir, en la dirección en la que el cambio no se refleja en la imagen en el estado normal.

**Números de referencia:**

- 1 - fuente de luz blanca
- 2 - prisma óptico
- 10 3 - cámara
- 4 - unidad de colimación
- 5 - producto medido (por ejemplo, una PCB)
- 6 - anchura del espectro de color
- 7 - inicio del espectro de color
- 15 8 - final del espectro de color
- 9 - dirección de movimiento de exploración
- 10 - componente con la altura que se corresponde con un color rojo del espectro de luz blanca
- 11 - componente con la altura que se corresponde con un color verde del espectro de luz blanca
- 12 - componente con la altura que se corresponde con un color violeta del espectro de luz blanca
- 20 15 - dispositivo de medición
- 16 - componente electrónico
- 17 - anchura de apertura de la unidad de colimación
- 18 - ángulo  $\alpha$  de prisma variable
- 19 - cuerpo de calibración
- 25 20 - ángulo  $\beta$  de calibración
- 21 - unidad de control
- 22 - medios de control
- 23 - medios de establecimiento de mapas de tonalidad respecto de altura
- 24 - unidad de apertura de cámara
- 30 30 - haz colimado de luz blanca
- 31 - haz de luz multicromática
- 32 - haz de luz monocromática reflejado
- 40 - franja de LED
- 41 - microlente
- 35 42 - primera lente
- 43 - segunda lente
- 44 - tercera lente
- 45 - cuarta lente
- 46 - rejilla de colimación
- 40 50 - medios de apertura
- 51 - graduador de difracción óptica
- 55 - espectro de color

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (10) para medir ópticamente la superficie de un producto (5) sometido a ensayo, especialmente un producto de PCB para inspección de pasta de soldadura de reflujo, que comprende al menos una fuente (1) de luz blanca para emitir un haz de luz blanca, al menos una unidad (4) de colimación para colimar dicho haz de luz (30) blanca, al menos una unidad de espectrómetro, preferentemente un prisma (2) óptico o un graduador (51) de difracción óptica, para dividir dicho haz de luz (30) blanca dando un haz de luz (31) multicromática que se dirige sobre dicho producto (5) sometido a ensayo bajo un ángulo y incidente predeterminado, y al menos una cámara (3) para registrar un haz reflejado de una luz (32) monocromática de dicho producto (5) sometido a ensayo, estando el dispositivo dispuesto de tal forma que una información de altura de superficie según el eje z de dicho producto (5) sometido a ensayo puede extraerse a partir de un valor de tonalidad de dicho haz reflejado de una luz (32) monocromática a la vez que se mueve relativamente dicho producto (5) sometido a ensayo en una dirección (9) de exploración según el eje x,  
**caracterizado porque**  
 dicha fuente (1) de luz blanca es una franja (40) de LED, que está adaptada para producir un haz en franja de luz blanca, en el que al menos una microlente (41) está acoplada ópticamente a al menos un LED para la rectificación previa de dicho haz de luz (30) blanca, y dicha unidad (4) de colimación está adaptada para colimar dicho haz de luz (30) blanca en 360° con una calidad de colimación de 2° o menos y para formar un haz en franja de luz blanca que es perpendicular a dicha dirección (9) de exploración, y comprende al menos una lente (42, 43, 44, 45), preferentemente una lente cilíndrica (42) y al menos unos medios (50) de apertura, preferentemente una apertura de diafragma de rendija ajustable.
2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, mediante el que dicha fuente (1) de luz blanca tiene un espectro (55) continuo y/o el ancho de banda de frecuencia del espectro (55) es variable, preferentemente en un intervalo de longitudes de onda de 350 a 850 nm y/o la intensidad de la fuente (1) de luz blanca es ajustable, preferentemente mediante la atenuación de dicha fuente (1) de luz o conmutando selectivamente dos o más fuentes (1) de luz a encendido o a apagado en paralelo.
3. Dispositivo (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones mencionadas anteriormente, mediante el que múltiples LED de una franja (40) de LED pueden conmutarse selectivamente o bien a encendido o bien a apagado para aumentar la intensidad y/o la longitud de un haz de luz (30) blanca en una dirección según el eje y perpendicular a dicha dirección (9) de exploración.
4. Dispositivo (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones mencionadas anteriormente, que además comprende unos medios de transporte de exploración para transportar de forma relativa dicho producto (5) sometido a ensayo o dicha fuente (1) de luz, una unidad de espectrómetro, una unidad (4) de colimación y una cámara (3) en una dirección (9) de exploración,
5. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones mencionadas anteriormente, mediante el que dicha cámara (3) es una cámara de exploración de línea, que preferentemente comprende una unidad (24) de apertura de cámara y/o una unidad de lente de paralaje para reducir los efectos de paralaje, especialmente una unidad de lente cilíndrica o de lente redonda, para recibir un haz de luz (32) monocromática que se refleja a partir de dicho haz de luz (31) multicromática mediante dicho producto (5) sometido a ensayo, y/o dicha cámara (3) es una cámara digital con una resolución de tonalidad de al menos 8 bits, preferentemente una resolución de tonalidad ajustable de 10, 12 bits o más alta, y/o dicha cámara (3) comprende dos o más filas de exploración de línea, comprendiendo cada fila un filtro de color para aumentar una sensibilidad de tonalidad, y/o dicha cámara (3) comprende al menos una fila de exploración gris o negra/blanca para aumentar la calidad de la exploración, o dicha cámara (3) es una cámara de exploración de área, mediante el que pueden extraerse unas filas de exploración únicas o múltiples de dicha área de exploración para un procesamiento de información de altura de tonalidad.
6. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones mencionadas anteriormente, que comprende al menos dos o más cámaras (3) que se disponen en una dirección según el eje y perpendicular a dicha dirección (9) de exploración según el eje x para una exploración paralela, aumentando en consecuencia la anchura de exploración de dicho producto (5) y/o estando dispuestas dichas cámaras (3) de forma estereométrica para una exploración en 3D de dicho producto (5) para reducir los efectos de ensombrecimiento e iluminación.
7. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones mencionadas anteriormente, que además comprende una unidad (21) de control en conexión eléctrica con al menos dicha cámara (3), dicha unidad (21) de control comprende unos medios (22) de control y unos medios (23) de establecimiento de mapas de tonalidad respecto de altura adaptados para al menos controlar dicha cámara (3) y para establecer un mapa de valores de tonalidad de una imagen que se captura mediante dicha cámara (3) con respecto a una información de altura de superficie de dicho producto (5).
8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7, que además comprende unos medios de ajuste que pueden controlarse mediante dichos medios (22) de control de dicha unidad (21) de control para ajustar la anchura  $d$  (6) del espectro de color de dicho haz (31) multicromático, en particular para ajustar una anchura  $w$  (17) de la armadura de dicha unidad (4) de colimación, y/o para ajustar una altura  $b$ , distancia  $a$  de división de haz entre la línea óptica de la

fuelle (1) y la cámara (3) o dicho ángulo  $\alpha$  de prisma de dicha unidad de espectrómetro para ajustar la sensibilidad de medición de altura.

- 5 9. Procedimiento para realizar ópticamente una medición de superficie de un producto (5) sometido a ensayo, especialmente un producto de PCB para inspección de pasta de soldadura de reflujo usando un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones mencionadas anteriormente,  
en el que un haz de luz blanca se emite por dicha fuente (1) de luz blanca y se rectifica y se colima mediante dicha unidad (4) de colimación en un haz (30) estrecho paralelo que pasa a través de dicha unidad (2, 51) de espectrómetro, mediante la que se desintegra en un espectro (55) de color cuya reflexión sobre dicho producto (5) o sobre unos componentes del mismo se registra mediante dicha cámara (3) a la vez que se mueve dicho producto (5) en una dirección (9) de exploración en relación con dicha cámara (5), de tal modo que una imagen compuesta por dicha cámara (3) a partir de imágenes individuales visualiza todas las partes sobre la superficie de dicho producto (5) y las dimensiones de la imagen en la dirección según el eje x y según el eje y se corresponden con las dimensiones reales de dicho producto (5), y, al mismo tiempo, los valores de tonalidad de la imagen, es decir, los valores de la parte de color [R, G, B] de los píxeles individuales se asignan a unos valores de altura de superficie de dicho producto (5).  
15
10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que un establecimiento de mapas de tonalidad respecto de altura de los valores de tonalidad del espectro (55) de color con respecto a unos valores de altura de superficie según el eje z se calibra mediante al menos un registro gradual de una declinación de la superficie de un cuerpo (19) de calibración con un ángulo  $\beta$  (20) de calibración que se conoce por adelantado con una alta precisión y un almacenamiento de un mapa de tonalidad respecto de altura en unos medios (23) de establecimiento de mapas de tonalidad respecto de altura.  
20
11. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de procedimiento anteriores,  
en el que la posición geométrica de dicha cámara (3) y de dicha fuente (1) de luz es estática durante todo el tiempo de exploración y/o se realiza un establecimiento de mapas de tonalidad respecto de altura en tiempo real durante la exploración usando dicho mapa de tonalidad respecto de altura.  
25
12. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de procedimiento anteriores,  
en el que dicha cámara (3) registra gradualmente unos valores de tonalidad línea a línea de una superficie de dicho producto (5) a la vez que se mueve relativamente dicha cámara (3) contra dicho producto (5) en una dirección (9) de exploración.  
30
13. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de procedimiento anteriores,  
en el que dicha cámara (3) y dicha luz (1) blanca se ajustan de tal modo que el inicio (7) de dicho espectro (55) de color se hace corresponder con una altura cero y/o los valores de tonalidad que se registran por dicha cámara (3) se convierten por medio de una función de calibración, preferentemente mediante un mapa de tonalidad respecto de altura con respecto a una altura de superficie real del producto (5) o de unos componentes del mismo.  
35
14. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de procedimiento anteriores,  
en el que se crea un modelo en 3D del producto 5 en base a unos valores medidos según los ejes x e y de una imagen de dicha cámara (3) y un valor de altura según el eje z en base a unos valores de tonalidad de dicha imagen en el eje x e y.  
40
15. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de procedimiento anteriores, en el que se miden las dimensiones de un producto (5), especialmente la posición y la altura de la pasta de soldadura de reflujo en un producto de PCB o de célula solar y/o la rugosidad de la superficie de dicho producto (5).

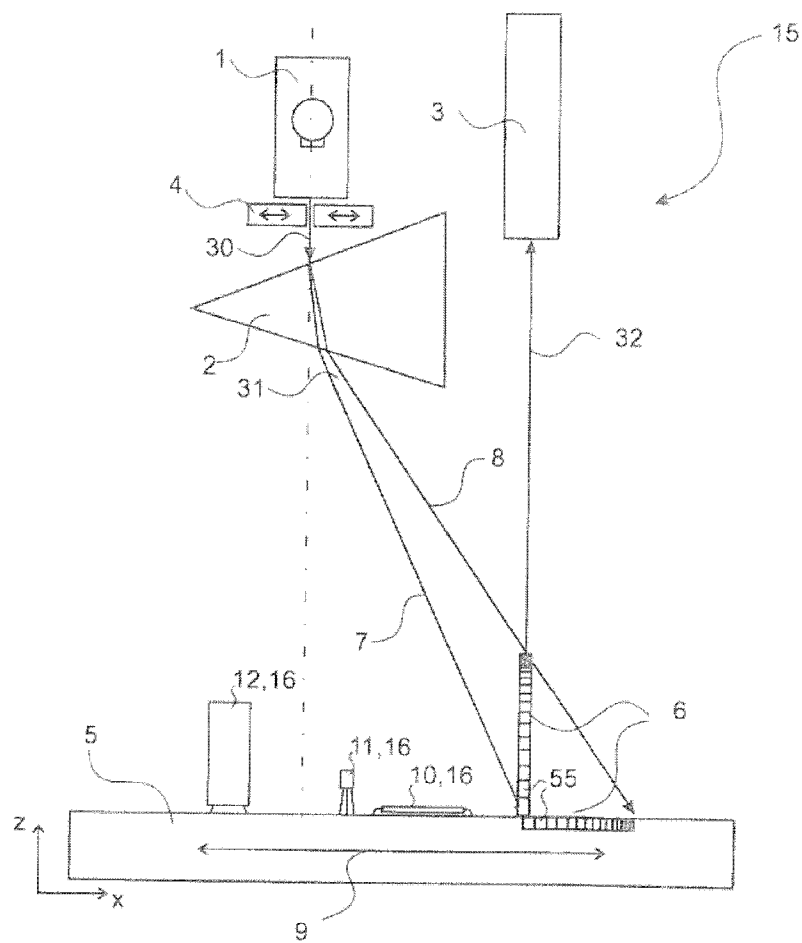


Fig. 1a

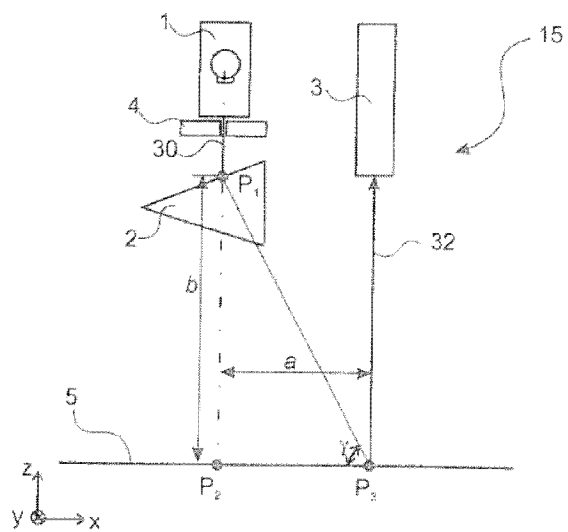
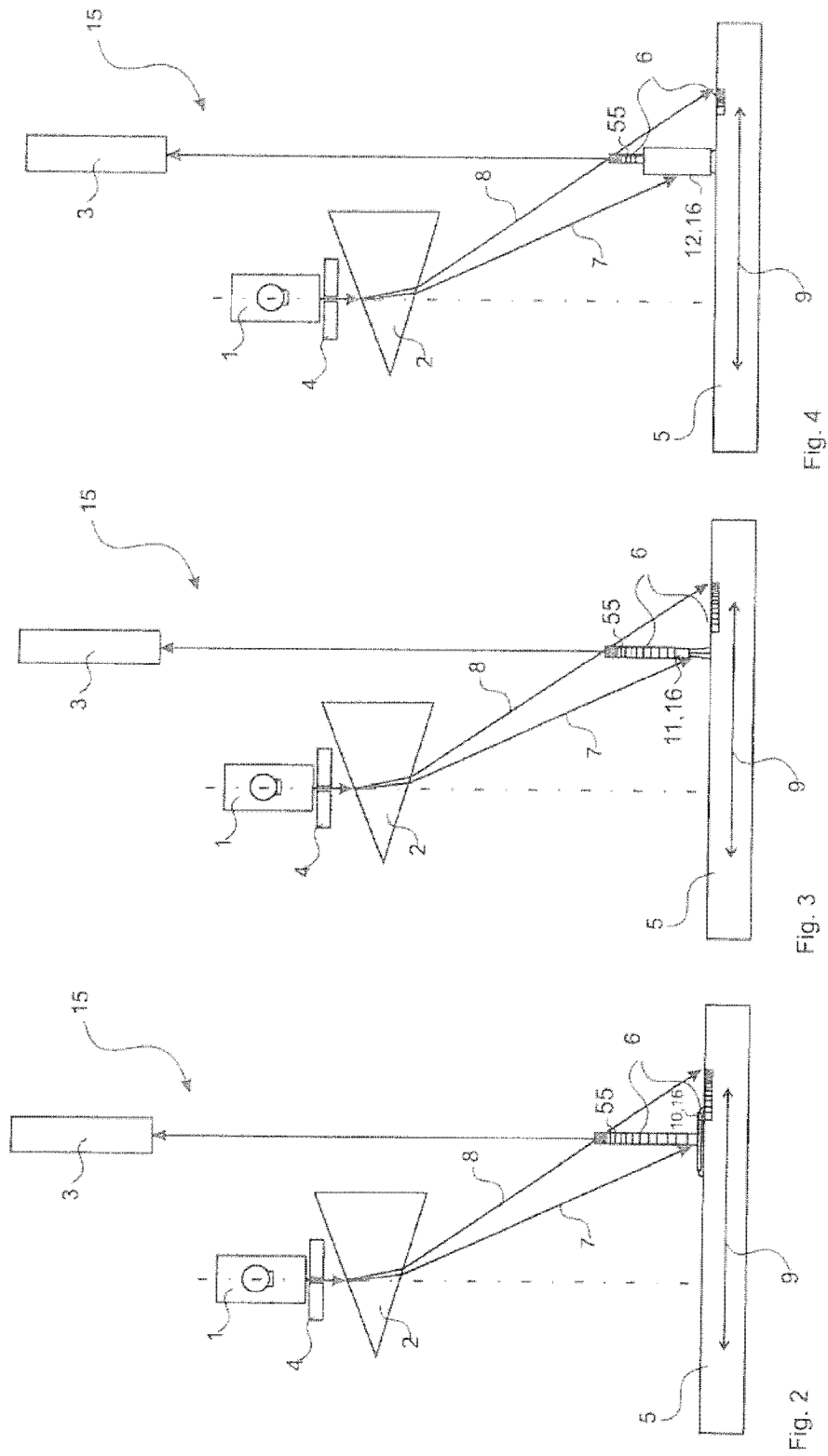


Fig. 1b



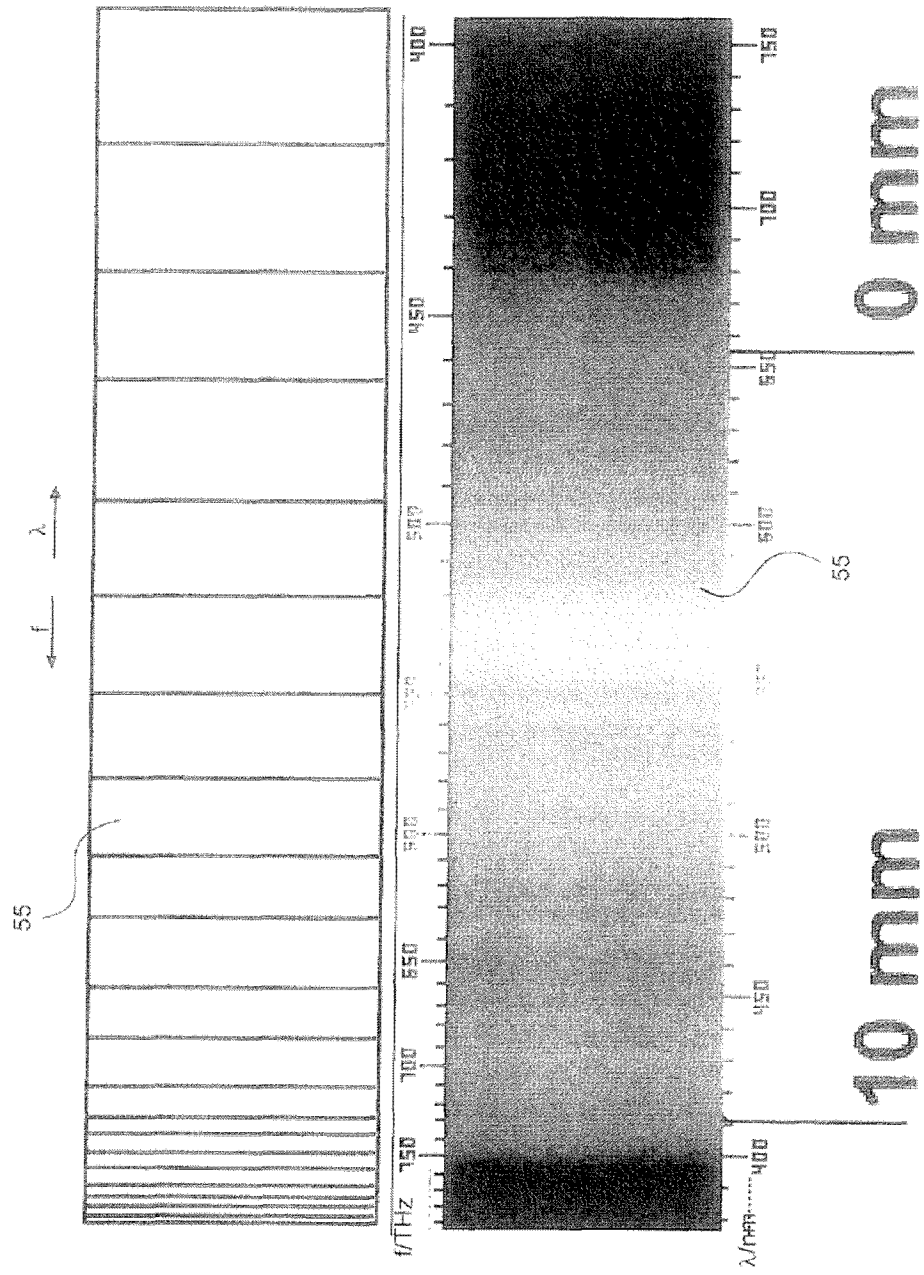


Fig. 5

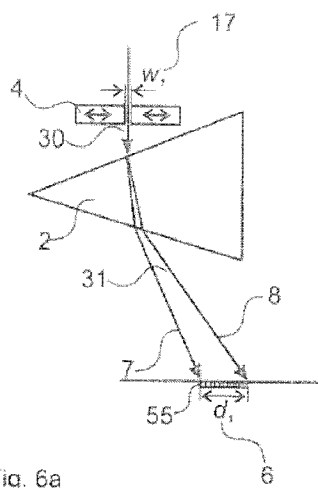


Fig. 6a

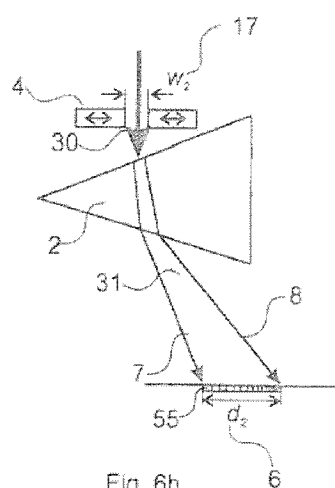


Fig. 6b

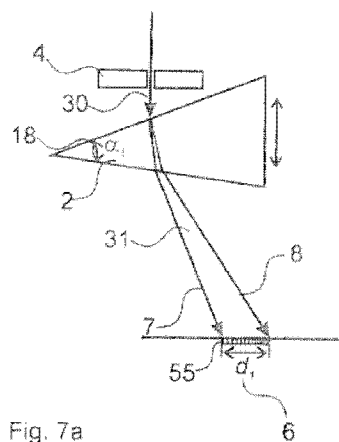


Fig. 7a

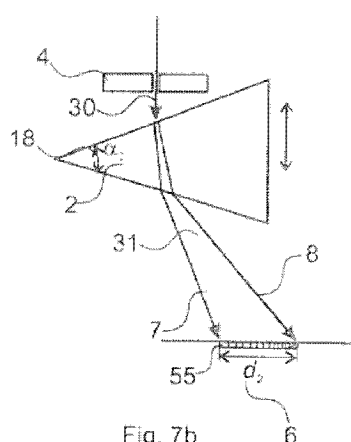


Fig. 7b

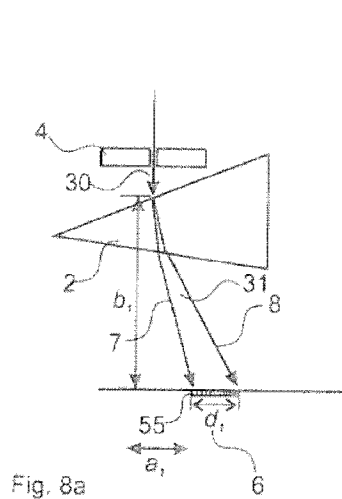


Fig. 8a

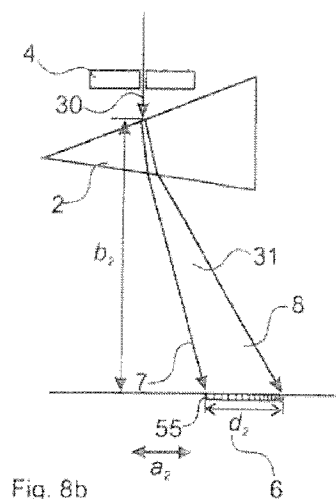


Fig. 8b

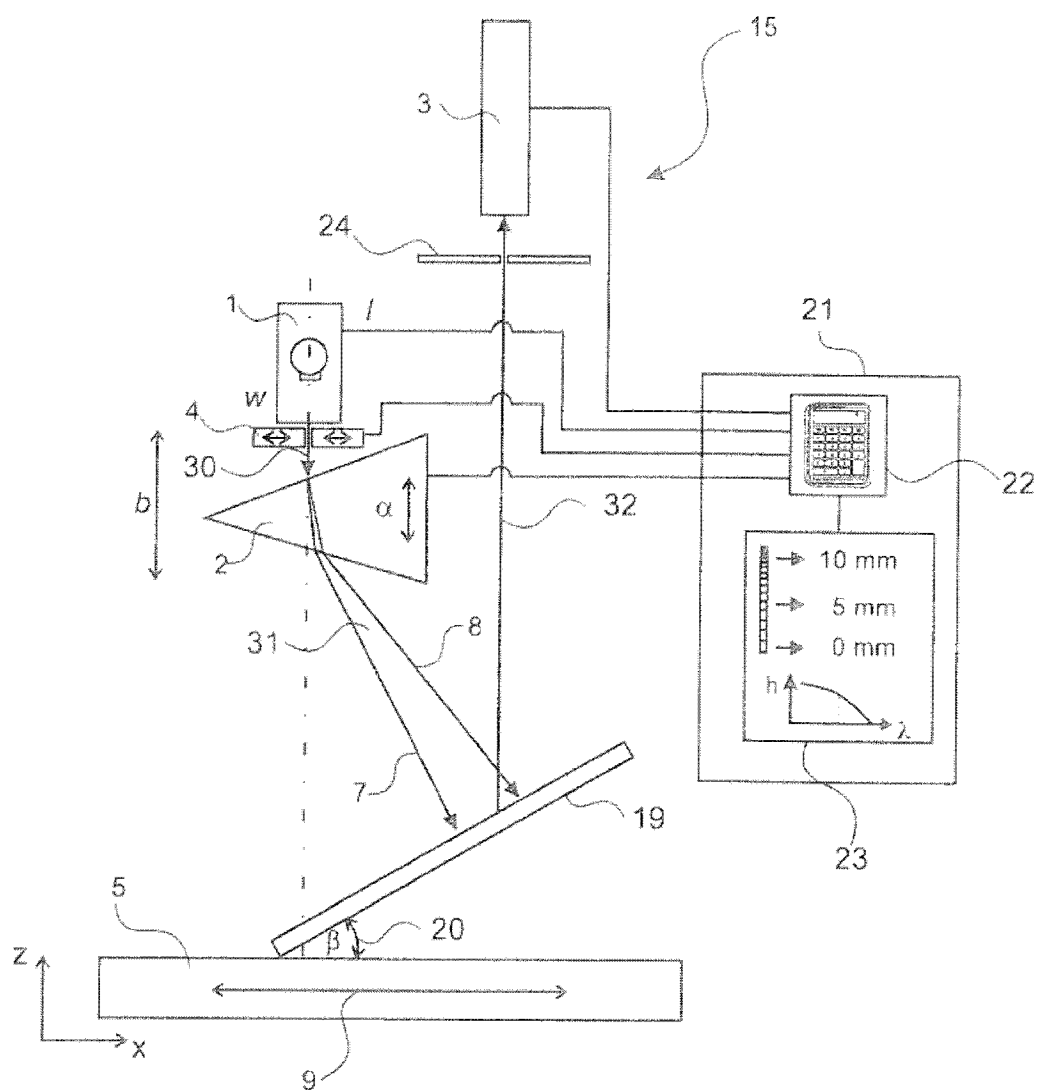


Fig. 9

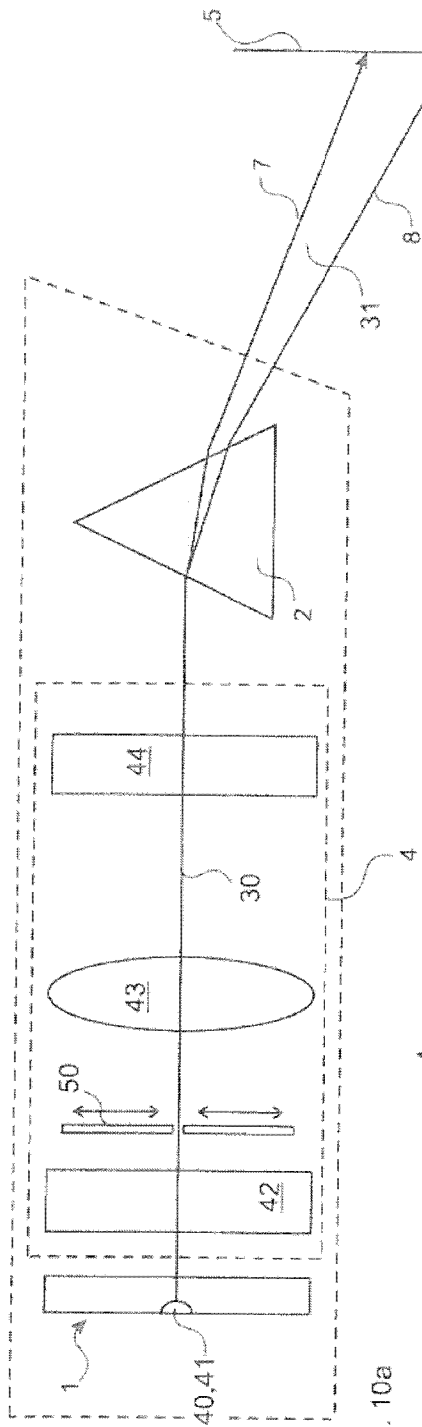


Fig. 10a

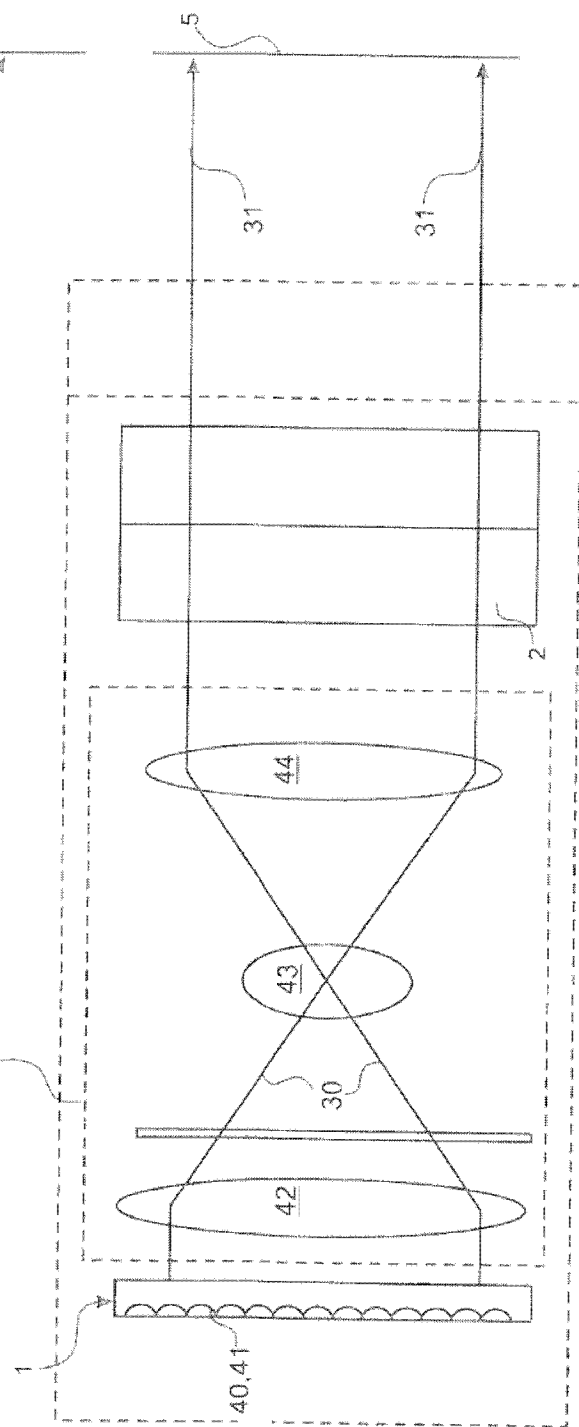
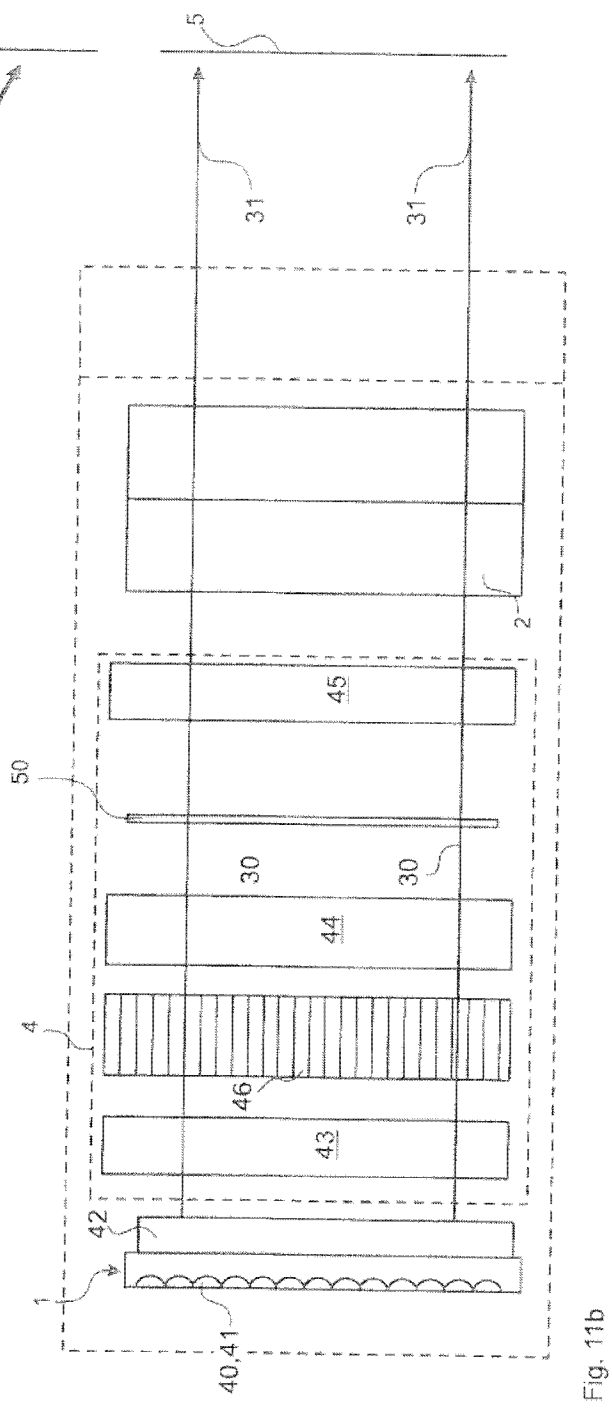
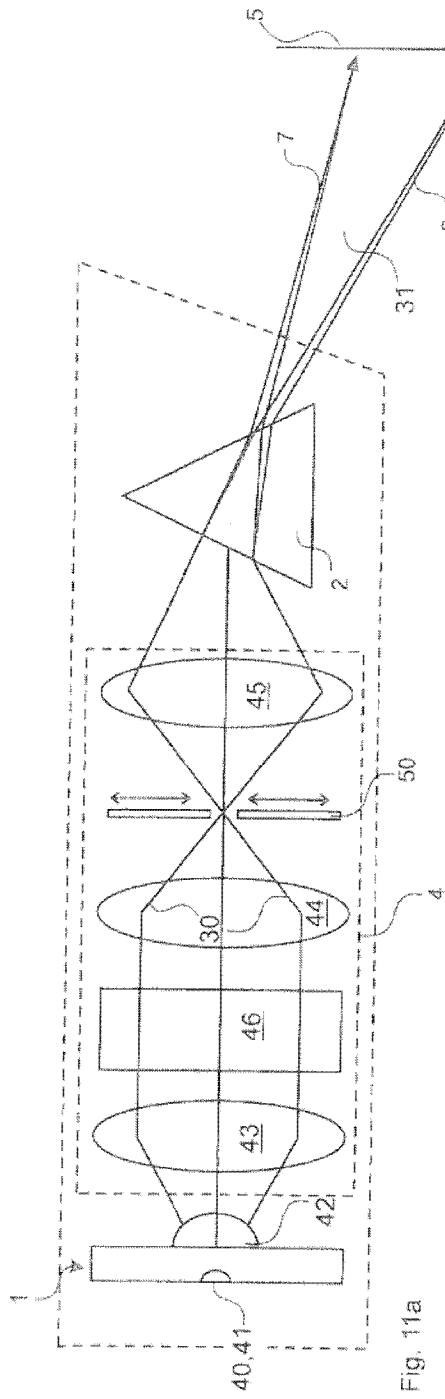
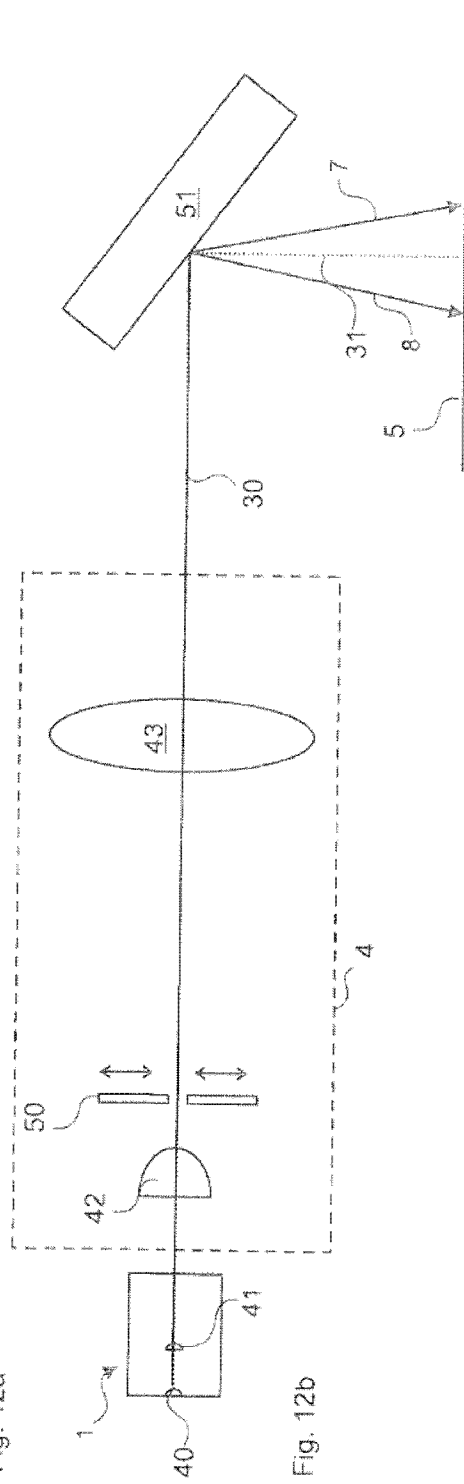
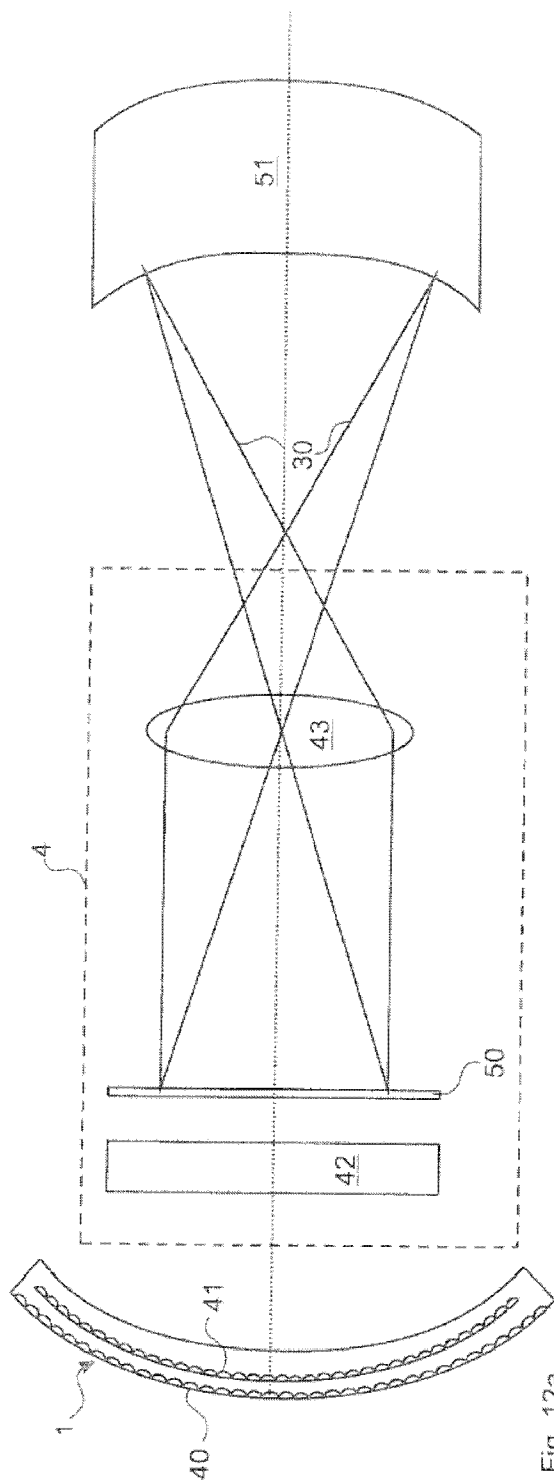


Fig. 10b





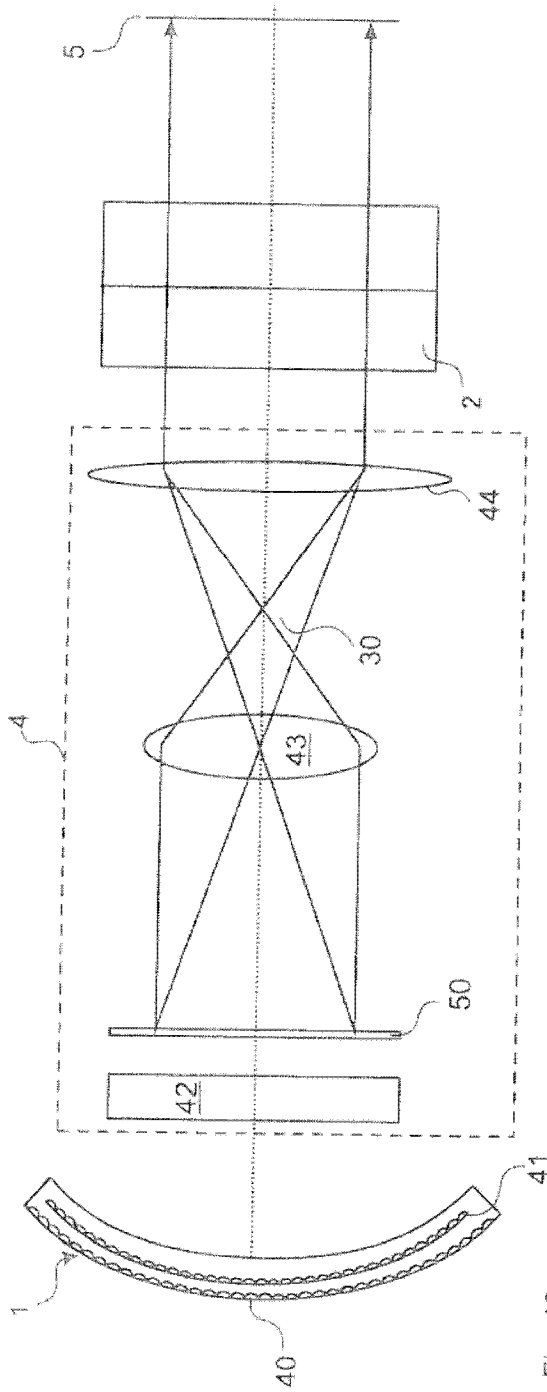


Fig. 13a

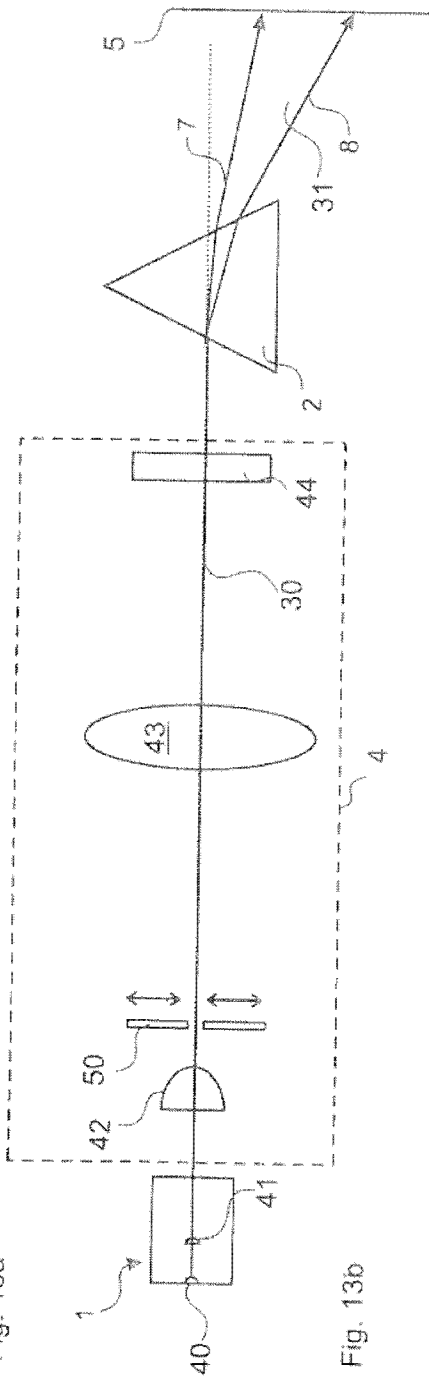


Fig. 13b