

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 508**

51 Int. Cl.:

**B07C 5/36** (2006.01)

**G01N 21/89** (2006.01)

**G01N 21/85** (2006.01)

**B07C 5/342** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2008 PCT/EP2008/053689**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.10.2008 WO08116924**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2008 E 08718302 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 2140250**

54 Título: **Método y sistema para usar en la inspección y/o eliminación de objetos inapropiados de un flujo de productos y un aparato de clasificación que implementa dicho método y sistema**

30 Prioridad:

**27.03.2007 EP 07105063**

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

**28.09.2017**

73 Titular/es:

**VISYS NV (100.0%)  
KIEWITSTRAAT 242  
3500 HASSELT, BE**

72 Inventor/es:

**DIRIX, BERT;  
ADAMS, DIRK y  
OP DE BEECK, PIETER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 634 508 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 y sistema para usar en la inspección y/o eliminación de objetos inapropiados de un flujo de productos y un aparato de clasificación que implementa dicho método y sistema.

Campo técnico de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un método y sistema novedosos para inspeccionar objetos inapropiados o irregularidades en un flujo de productos, en particular, la invención se refiere a un método y sistema de inspección que permite la transmisión de productos a alta velocidad y un aparato de clasificación que comprende dicho sistema.

Antecedentes de la invención

- 10 Un aparato para clasificar productos provistos en un flujo continuo es conocido en la técnica. Dicho aparato de clasificación comprende un sistema de transporte, un sistema de inspección y un sistema de eliminación. El sistema de transporte transmite el flujo de productos que se inspeccionará hacia el sistema de inspección y sistema de eliminación. El sistema de inspección analizará una o más características predeterminadas de los productos. Normalmente, se examinan las características ópticas como, por ejemplo, el color y la estructura. Según las señales ópticas que recibe, el sistema de inspección evaluará si los valores medidos de dichas características para un objeto  
15 dado en el flujo de productos cumplen con los criterios de aceptación predeterminados. Si no lo hacen, dicho objeto se elimina, posteriormente, del flujo de productos mediante el sistema de eliminación. Por lo tanto, el sistema de inspección controla el funcionamiento del sistema de eliminación.

- La configuración de dicho aparato de clasificación se describe en la patente de EE.UU. US 6,509,537. Dicho aparato de clasificación comprende un transportador para transportar un flujo de partículas sólidas y un dispositivo para  
20 detectar y diferenciar entre la calidad y/o el color de las partículas sólidas individuales. El sistema de detección comprende un haz de láser que se redirige hacia las partículas sólidas mediante una rueda poligonal. Debido a la rotación de la rueda poligonal, las superficies de extremo reflejantes de la rueda guiarán, de forma acimutal, el haz de láser en un movimiento temporal en zigzag. El haz de láser en movimiento se dirige entonces hacia el flujo de partículas sólidas para proveer una exploración de haz de láser lineal de aquel. El haz de láser, que se vuelve a emitir por las partículas sólidas de manera divergente, se redirige mediante las superficies de entremos reflejantes de la rueda hacia dispositivos fotoeléctricos que convierten la señal óptica en una señal de salida eléctrica. La rueda poligonal tiene, por consiguiente, dos funciones: crear un haz de láser de exploración en el flujo de productos y redirigir la luz que retorna del flujo de productos hacia dispositivos fotoeléctricos. Dicha señal de salida se puede entonces manejar mediante circuitos eléctricos analógicos o convertirse en una señal digital para el procesamiento digital y la manipulación de datos. Asimismo, la patente de EE.UU. US 4,723,659, la patente de EE.UU. US 4,634,881 y la solicitud de patente europea EP 1 332 353 describen dispositivos de clasificación que comprenden sistemas de inspección en los cuales la rueda poligonal tiene dos funciones según se describe más arriba. Dichos sistemas incluyen todas las desventajas de la técnica anterior debido al hecho de que los medios de exploración también tienen la responsabilidad de redirigir la luz de retorno a través de medios de detección, p.ej., detectores fotomultiplicadores, por consiguiente, los sistemas se encuentran limitados estrictamente a una segunda función que, a su vez, no permite optimizar el sistema en particular para funciones de clasificación de alta velocidad.

- El documento TR 2006/05534U describe una configuración de dispositivo de clasificación similar a la de más arriba con la excepción de que al menos uno de los detectores se provee con un diafragma (dispositivo delimitador) que tiene una abertura tipo hendidura solamente a los fines de tolerar desviaciones de la luz entrante, cuya desviación se origina, en general, por el movimiento inapropiado de los medios de exploración, a saber, espejo poligonal dispuesto de forma giratoria. La presente invención provee también, como un efecto secundario técnico, una solución para dichos problemas asociados a dichos medios de exploración simplemente porque los sistemas de inspección de la invención actual reciben luz reemitida directamente desde el flujo de productos en lugar de recibir la luz entrante de dichos medios de exploración (p.ej., espejo poligonal).

- 45 El documento US 6,671,042 B1 describe un sistema de inspección que incluye una unidad de exploración de haz de láser múltiple y al menos una unidad de imagen de campo oscuro de haz múltiple. El sistema de inspección de campo oscuro se define como un detector que recoge luz dispersa en un ángulo oblicuo  $\beta$  que se encuentra fuera del ángulo de convergencia del sistema óptico posterior a la exploración. La unidad de exploración genera múltiples puntos láser y los explora a lo largo de una superficie. La unidad de imagen detecta, de forma separada, luz dispersa de cada uno de dichos múltiples puntos. Cada unidad de imagen incluye óptica de captación y un fotodetector por puntos, de modo que cada detector detecta la luz dispersa de su punto asociado solamente. Sin embargo, los medios de filtrado espacial del sistema de inspección se ubican en el plano focal que limita el rango de ángulos de toda la luz dirigida hacia los múltiples fotodetectores. Ello es particularmente desventajoso al detectar e inspeccionar objetos irregulares en un flujo de productos porque no permite determinar desde qué área particular se ha originado la luz.

El documento US-A1-2005/052644 describe un sistema de inspección de superficie que comprende al menos un haz de iluminación oblicua y, posiblemente, un segundo haz de iluminación en secuencia o simultáneamente. Los

medios de filtrado descritos en la memoria descriptiva se filtran en el dominio de la frecuencia espacial que requiere que los medios de detección se encuentren en una constelación muy específica según se ilustra en la Figura 8. Está claro que el filtro en el sistema no es un filtro en el dominio espacial, sino un filtro en el dominio de la frecuencia de la imagen. Por lo tanto, dicho filtro es idealmente apropiado para filtrar patrones regulares recurrentes en la imagen.

5 Es, además, evidente que los filtros de Fourier empleados en el sistema también tienen requisitos estrictos respecto a las ubicaciones exactas de las lentes de captación en los medios de detección. Es decir, el objeto tiene que ubicarse en el plano focal frontal de la primera lente de captación. Dicho sistema no es, nuevamente, apropiado para detectar o inspeccionar un flujo irregular de productos ya que genera una imagen en el dominio de la frecuencia en oposición al dominio espacial que es un dominio práctico mucho más conveniente en el cual definir ciertas funciones características o de ventana según su uso en la presente invención y descritas más adelante en la presente solicitud.

10 El documento EP-A-1 724 030 describe un sistema de detección para inspeccionar un flujo continuo de productos que comprende un elemento de referencia y un elemento óptico intermedio, medios para explorar un haz de luz en el flujo de productos y medios para convertir los haces de luz reemitidos por el flujo de productos en una señal eléctrica. Un espejo poligonal que dirige el haz de luz hacia el flujo de productos recibe también la luz reemitida y la dirige a través de los medios de conversión. Por lo tanto, los medios de exploración tienen dos funciones, a saber; dirigir un haz de luz hacia un flujo de productos y recibir/dirigir dicho haz de luz tras la reemisión a través de detectores. La imagen formada en dichos detectores es solamente un punto antes que una línea.

15 El documento WO-A-01/07950 describe un dispositivo de clasificación provisto con una unidad de inspección, un sistema de transporte y una unidad de rechazo en donde la unidad de inspección se provee con al menos dos fuentes luminosas y medios para que la radiación electromagnética cumpla con los productos. Dichos medios funcionan como un sistema de alineación para la radiación que se origina desde dichas fuentes. Dicho sistema de alineación simplemente recibe la radiación electromagnética reflejada y/o transmitida y/o emitida y/o transformada por los productos a clasificarse. Sin embargo, el sistema no permite la discriminación de la luz dispersa y directamente reemitida desde el flujo de productos.

20 Para medir los efectos de dispersión, es esencial en la técnica anterior que la luz incidente se concentre en dos dimensiones, más concretamente que se concentre como un punto de luz. En dicho caso, la imagen según la ve el detector consta de dos partes, a saber, un punto central normalmente brillante, al que en general se hace referencia como la luz directa reflejada, y rodeándolo una nube que tiene una intensidad que depende de las propiedades de dispersión del objeto iluminado. La filtración de uno de dichos dos componentes de imagen espacial se lleva a cabo por una ventana espacial bidimensional, por ejemplo, un diafragma con una abertura circular que tiene un punto ciego. Enseñanzas adicionales de dichos diafragmas se pueden encontrar en la Patente de EE.UU. No. 4,723,659.

25 La cantidad de luz recibida por los dispositivos fotoeléctricos se determina por el área de las superficies de extremo reflejantes de la rueda poligonal que recogen luz que retorna del flujo de productos. Si el sistema de inspección va a recibir más luz, uno puede aumentar la potencia del haz de láser o aumentar las dimensiones de las superficies de extremo reflejantes, lo cual resulta en una rueda poligonal más grande. Sin embargo, ambas soluciones tienen un impacto negativo en el coste total del aparato. Por lo tanto, los sistemas de inspección de la técnica anterior aún necesitan mejorarse para obtener un sistema de inspección que ya no requiera la optimización de los elementos de exploración según la cantidad de luz recibida y que permita la implementación de los elementos de exploración en dimensiones considerablemente más pequeñas.

30 Si la velocidad a la cual los productos se mueven a través del plano del haz de exploración aumenta, la frecuencia de exploración debe aumentar proporcionalmente con el fin de explorar todos los objetos que pasan con suficiente resolución vertical. En los sistemas de inspección de la técnica anterior, ello se puede solucionar aumentando la velocidad de rotación de la rueda poligonal o aumentando el número de superficies de extremo reflejantes de la rueda poligonal. Aparte de las repercusiones en los costes, la última solución impactará, además, en la cantidad de luz recogida. Para superar ello, uno debe aumentar la rueda poligonal aún más, lo cual resulta en costes aún más altos.

35 En algunas aplicaciones, puede ser ventajoso medir la transmitancia de un objeto en lugar de su reflectancia. Los sistemas de la técnica anterior que recogen la luz de retorno por la rueda poligonal solamente se pueden usar en un modo reflectante. La fuente luminosa y los detectores se sitúan en el mismo lado del flujo de productos y se acoplan de manera óptica al flujo de productos mediante elementos ópticos comunes (p.ej., la rueda poligonal) de modo que una imagen estática des-explorada del objeto explorado se obtiene en los detectores. Uno podría posicionar una segunda rueda poligonal y los detectores correspondientes en el lado opuesto del flujo de productos para medir la luz transmitida. Sin embargo, la alineación apropiada de la frecuencia y fase de la rueda poligonal que provee el haz de exploración con la rueda poligonal que recoge la luz transmitida es extremadamente difícil de lograr.

40 Finalmente, los elementos ópticos del sistema de inspección son cruciales y tienen un gran impacto en el coste total de una máquina de clasificación. Por lo tanto, necesita diseñarse con la máxima fiabilidad mientras mantiene el coste mínimo en mente. Dichos criterios de diseño se satisfacen, en general, manteniendo las distancias ópticas tan

5 cortas como sea posible, en tan pocos grados de libertad y componentes estables como sea posible para obtener un nivel alto suficiente de estabilidad óptica. En los sistemas de la técnica anterior mencionados más arriba, dichos objetivos se pueden lograr solamente hasta un grado no satisfactorio. Para comenzar, la luz reemitida tiene que viajar una distancia óptica considerable y tiene que atravesar un número considerable de elementos ópticos como espejos y lentes, antes de alcanzar, finalmente, los medios de detección. Además, dichos elementos ópticos se montan en soportes mecánicos fijos a una placa base estabilizada. El propio soporte se puede inclinar y desviar para alinear el haz de láser y algunas veces moverse hacia atrás y hacia adelante para lidiar, por ejemplo, con aberraciones cromáticas. Alinear dichos sistemas ópticos es una tarea compleja, como puede apreciar una persona con experiencia en la técnica. Por último, según se describe más arriba, los sistemas de la técnica anterior necesitan aumentar el área de las superficies de extremo reflejantes poligonales tanto como sea posible. Sin embargo, ello tiene un efecto proporcional sobre el área de todos los otros elementos ópticos en el trayecto óptico hacia los detectores, lo cual se opone al objetivo de diseño general.

10 Uno puede, al menos en teoría, concebir otras maneras de des-explorar y capturar luz usando disposiciones ópticas complejas como, por ejemplo, espejos parabólicos. Sin embargo, dichas soluciones sufrirían, al menos parcialmente, la misma deficiencia descrita más arriba.

15 Por lo tanto, existe una necesidad de un aparato para la inspección de productos que no sufra dichas deficiencias de la técnica anterior. Por consiguiente, existe una necesidad de un aparato de clasificación que comprenda un sistema de inspección que no sufra dichas deficiencias de la técnica anterior. Las ventajas de la invención se describirán en el resto de la descripción con referencia a los dibujos anexos así como a las desventajas de más arriba de la técnica anterior en mayor detalle.

#### Objetos de la invención

Uno de los objetos de la presente invención es proveer un sistema de inspección para medir la diferencia entre la luz que se refleja/transmite directamente desde una escena iluminada y la luz que se refleja/transmite de manera difusa por dicha escena mediante el uso de medios de inspección ópticos.

25 Un objeto adicional de la presente invención es proveer un método y aparato para explorar e inspeccionar un flujo de productos mediante la recepción de la luz reemitida directamente desde la escena en lugar de a través de los medios de exploración y de modo que las dimensiones, disposición y realización de dichos medios de exploración se puedan optimizar con respecto a su función de exploración solamente, sin afectar la relación señal/ruido del sistema general.

30 Un objeto adicional de la presente invención es proveer un aparato de clasificación para eliminar irregularidades y/u objetos no deseados de un flujo de productos, que comprende el sistema de inspección antes mencionado, un circuito de control que procesa las señales eléctricas a partir de los medios de detección ya sea solas o en cualquier combinación de ellas, y una unidad de eliminación que funciona según las señales de control de dicho circuito de control.

35 Otro objeto de la presente invención es proveer un sistema de detección en donde el requisito de des-explorar la imagen observada por dichos medios de detección ya no se requiere.

Aún otro objeto de la presente invención es proveer un dispositivo de detección que tiene un campo visual delimitado en la forma de una abertura alargada lineal.

#### Compendio de la invención

40 Los objetos de la invención se llevan a cabo usando un sistema de inspección según se describe en la reivindicación 1 que implementa el método novedoso de la reivindicación 17. El sistema de inspección se diseña, de manera específica, para su uso en un aparato de clasificación según se describe en la reivindicación 13 para clasificar un flujo de productos. El sistema comprende medios para explorar, de forma estática o periódica, el flujo de productos a lo largo de una línea de exploración en donde dicha línea de exploración consta al menos de una fuente luminosa que dirige luz a lo largo de dicha línea de exploración y el sistema además comprende medios para detectar haces de luz reemitidos por el flujo de productos tras la exploración. Dichos medios de detección de exploración son conocidos en la técnica según se menciona más arriba.

45 La invención se caracteriza por el hecho de que dichos medios de exploración comprenden un medio de enfoque para enfocar la luz reemitida en al menos una dimensión y dichos medios de detección comprenden medios de enfoque para formar una imagen en un plano de imagen en donde dichos medios de detección se orientan hacia dicha línea de exploración de modo que los puntos en dicha línea de exploración forman una línea de exploración proyectada en dicho plano de imagen y dicha imagen se enfoca sustancialmente en al menos una dimensión por dichos medios de enfoque. La detección además comprende medios de filtrado espacial que filtran dicha imagen en, sustancialmente, la dirección perpendicular a la dirección de dicha línea de exploración proyectada en el dominio espacial.

5 Un aparato de clasificación que emplea el sistema de inspección descrito más arriba permite modificar los medios de exploración de las máquinas de la técnica anterior para obtener los componentes de dichos medios de exploración en dimensiones relativamente más pequeñas. El método y la configuración novedosa también proveen inspeccionar un flujo de productos a tasas de flujo de productos relativamente altas debido al hecho de que la necesidad de dirigir la luz reemitida tras la exploración por medios de exploración (des-exploración) según es tradicional en la técnica anterior se elimina completamente. Además, permite detectar luz reflejada y/o transmitida simplemente posicionando el detector en el mismo lado o en el lado opuesto de los medios de exploración.

Breve descripción de los dibujos

10 La Figura 1a ilustra el modelo punteado común de un sistema de detección, que además introduce los sistemas de coordenadas relevantes;

la Figura 1b ilustra los efectos ópticos en un objeto que resultan de iluminar dicho objeto con un haz de luz concentrado;

la Figura 1c ilustra las regiones medidas por la invención actual;

15 la Figura 2 ilustra un sistema de inspección según una realización de la invención, por medio de la cual se mide la reflectancia de un objeto;

la Figura 3 ilustra un sistema de inspección según una realización de la invención, por medio de la cual se mide la transmitancia de un objeto;

20 la Figura 4a ilustra un medio de exploración que es una matriz de múltiples fuentes luminosas según una realización de la presente invención. Cada fuente luminosa individual se puede encender de manera secuencial, una después de la otra o de manera permanente;

la Figura 4b ilustra un medio de exploración que provee una hoja luminosa concentrada estática en una línea de exploración según una realización de la invención;

la Figura 5 ilustra un sistema de inspección que comprende múltiples haces de exploración y múltiples medios de detección según una realización de la invención;

25 la Figura 6 ilustra un sistema de inspección que comprende múltiples haces de exploración orientados en diferentes ángulos hacia el espejo móvil según una realización de la invención;

la Figura 7 ilustra un sistema de inspección que comprende medios de detección posicionados en un ángulo respecto al plano óptico del haz de luz de exploración según una realización de la invención;

30 la Figura 8 muestra una realización que ilustra la distancia reducida entre los medios de exploración y el flujo de productos explorado en comparación con la técnica anterior para el mismo ancho de exploración D;

la Figura 9 ilustra medios de enfoque que comprenden lentes esféricas que enfocan en dos direcciones perpendiculares según una realización de la invención;

la Figura 10 ilustra medios de enfoque que comprenden una lente cilíndrica que enfoca en una dirección según una realización de la invención;

35 la Figura 11 ilustra medios de enfoque que comprenden un conjunto de lentes, cada lente enfoca en una dirección según una realización de la invención;

la Figura 12a ilustra un dispositivo para delimitar el campo visual de los medios de detección tanto para la luz directamente reemitida como para la luz dispersa según una realización de la invención;

40 la Figura 12b ilustra un dispositivo para delimitar el campo visual de los medios de detección solamente para la luz esencialmente reemitida de forma directa según una realización de la invención;

la Figura 12c ilustra un dispositivo para delimitar el campo visual de los medios de detección solamente para la luz esencialmente dispersa según una realización de la invención;

45 la Figura 13 muestra una vista superior (superior), una vista lateral a lo largo de la sección A-A (media) y una vista frontal a lo largo de la sección B-B (inferior) de un medio de detección según una realización preferida que comprende una lente cilíndrica como medio de enfoque, un dispositivo para delimitar el campo visual de los medios de detección a sustancialmente solo la luz reemitida de forma directa y un dispositivo fotoeléctrico según una realización de la invención;

la Figura 14 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas de un método para inspeccionar un flujo de productos usando un haz de luz de exploración según las realizaciones de la invención.

Descripción detallada de la invención

5 La presente invención se describirá con respecto a realizaciones a modo de ejemplo y con referencia a ciertos dibujos pero la invención no se limita a ello. Los dibujos descritos son solamente esquemáticos y no restrictivos. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos se puede exagerar y no dibujarse a escala con fines ilustrativos. Por lo tanto, las dimensiones y las dimensiones relativas no corresponden, necesariamente, a la reducción real para la práctica de la invención. Se pretende que las realizaciones y figuras descritas en la presente memoria se consideren ilustrativas antes que restrictivas.

10 Además, los términos primer/o/a, segundo/a, tercer/o/a y similares en la descripción y reivindicaciones se usan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico. Los términos son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y las realizaciones de la invención pueden funcionar en secuencias diferentes a las descritas o ilustradas en la presente memoria.

15 Además, los términos superior, inferior, sobre, debajo y similares en la descripción y reivindicaciones se usan con fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Los términos que así se usan son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y las realizaciones de la invención descrita en la presente memoria pueden funcionar en orientaciones diferentes a las descritas o ilustradas en la presente memoria. Por ejemplo, "debajo" y "encima" de un elemento indica la posición en lados opuestos de dicho elemento.

20 Además, el término "reemitida" se refiere a cualquier luz emitida, tras el impacto de haces de luz de exploración en el flujo de productos explorado, ya sea reflejada desde o transmitida a través de dichos medios de exploración.

Se hace referencia a elementos iguales mediante el uso de etiquetas iguales.

25 Las realizaciones de la presente invención describen un sistema de inspección que comprende un medio de exploración y un medio de detección. El sistema de inspección según dichas realizaciones es de uso particular en un aparato para clasificar productos que se proveen en un flujo continuo. Dicho sistema de inspección es de uso particular para inspeccionar y clasificar no solo productos granulados como, por ejemplo, pasas y arándanos sino también bolitas, p.ej., bolitas plásticas, según las características ópticas como, por ejemplo, color y estructura. La presente invención no se limita a productos granulados sino que también es de uso para inspeccionar productos planos como, por ejemplo, papel, placas de vidrio, p.ej. ventanas, etc.

30 En general, un sistema de detección se puede modelar en un sistema de coordenadas  $[X_c, Y_c, Z_c; O_c]$ , donde  $O_c$  es el centro de la proyección de dicho detector, como se ilustra en la Figura 1a. Se puede elegir un plano de imagen  $P^2$  sobre el cual se proyecta la escena observada. Dicho plano de imagen  $P^2$  coincide sustancialmente con el plano de imagen de enfoque. En una aproximación de primer orden, la línea de exploración  $S$  mapea hacia  $S_p$  usando una proyección de perspectiva a través de  $O_c$ .

35 Se conoce que con el fin de llevar a cabo cálculos lineales,  $P^2$  se puede interpretar como un plano proyectivo de dos dimensiones incorporado a un espacio de vector tridimensional  $R^3$ , pero no es una etapa esencial en la invención actual.

Una base ortogonal  $(x_p, y_p)$  se puede definir en el plano afín  $P^2$  de modo que una dirección  $x_p$  se encuentra a lo largo de la línea de exploración proyectada  $S_p$ , y la otra dirección  $y_p$  es perpendicular a  $S_p$ .

40 En la Figura 1b, se ilustra una imagen  $I$  de una partícula de objeto 3 que se ilumina por un haz de luz concentrado. El objetivo de la invención es medir la diferencia entre la luz  $7'$  que directamente se refleja/transmite desde la escena iluminada 3 y la luz  $8'$  que se refleja/transmite de forma difusa por dicha escena 3. En oposición a la técnica anterior, donde dicha diferencia se mide en todas direcciones espaciales, la invención actual se predice por el entendimiento de que algunas de las direcciones, más concretamente, la dirección  $x_p$  a lo largo de dicha línea de exploración proyectada  $S_p$ , se puede ignorar mientras aún puede medir dicha diferencia con un grado de exactitud suficiente.

45 Con respecto a ello, definimos la región 7 ilustrada en la Figura 1c que representa predominantemente la luz directamente reemitida y la región 8 que es representativa de la luz dispersa.

Ello, en la solución pasada no anticipada, permite que las realizaciones tengan un claro beneficio con respecto a la técnica anterior existente. Esto se desarrollará más y se ejemplificará a lo largo del resto de la presente descripción. En cualquier caso, para explotar dicha nueva propiedad se requiere, por la invención actual, que los medios se coloquen, de manera funcional, en lugar para filtrar espacialmente dicha escena proyectada en  $P^2$  solamente en la dirección  $y_p$  perpendicular a dicha línea de exploración proyectada  $S_p$ .

A modo de ejemplo, se consideran un medio de exploración y un medio de detección enfocados en las dos dimensiones planas  $x_p$  e  $y_p$ . Para explorar todo el ancho del flujo de productos, la luz enfocada se dirige hacia una

5 rueda poligonal giratoria con superficies de extremo reflejantes que guía, de forma acimutal, el haz en un movimiento temporal en zigzag a lo largo de dicho flujo de productos produciendo dicha línea de exploración S. En oposición a la técnica anterior, no se lleva a cabo ninguna des-exploración (recibir la luz de retorno a través de medios de exploración y redirigirla hacia los medios de detección), por lo tanto, la imagen resultante capturada por los medios de detección será un punto de luz que se mueve rápidamente a lo largo de la línea de exploración proyectada  $S_p$ . Los efectos de dispersión no se pueden observar en la dirección a lo largo de  $S_p$ . Para filtrar, por ejemplo, la luz directamente reemitida y mantener la información de luz dispersa en la dirección perpendicular a  $S_p$ , uno podría usar la ventana

$$w(y_p) = \begin{cases} 0, & |y_p| < H_2/2 \\ 1, & |y_p| \geq H_2/2 \end{cases}$$

10 donde  $H_2$  es el ancho de la ventana, más específicamente, sustancialmente el ancho de la luz directamente reemitida proyectada en  $P^2$ . Se puede verificar inmediatamente que la función de la ventana  $w$  es unidimensional, en esencia solamente especificada en la dirección  $y_p$  perpendicular a dicha línea de exploración proyectada  $S_p$ . En general, la imagen filtrada  $F$  se convierte entonces en

$$F(x_p, y_p) = I(x_p, y_p)w(y_p),$$

15 en la cual  $I$  representa la imagen entrante proyectada en  $P^2$ .

Otras combinaciones son posibles entre el número de dimensiones ( $d_i$ ) donde la luz incidente enfoca y el número de dimensiones ( $d_r$ ) donde enfoca la luz de retorno. Sin embargo, es ventajoso que tanto  $d_i > 0$  como  $d_r > 0$ . Las realizaciones donde  $d_i = 0$ , más concretamente, aquellas que usan una iluminación difusa, no podrán llevar a cabo una diferencia entre la luz dispersa y otra luz reflejada sin usar técnicas de iluminación de campo oscuro con frecuencia usadas en microscopía. En otras realizaciones donde  $d_r = 0$ , más concretamente, aquellas sin un medio de enfoque objetivo de cualquier tipo, no hay relación espacial alguna entre los puntos de la imagen y la escena observada. En dicho caso, uno solamente puede medir la cantidad total de la luz de retorno. Sin embargo, la invención actual permite muchas más combinaciones que las posibles en la técnica anterior donde existe la restricción  $d_i = d_r = 2$ .

25 A los fines de enseñar la invención, en algunas figuras se muestra más de una imagen temporal en un dibujo. Ello brinda el beneficio añadido de visualizar dentro de un dibujo el efecto de la exploración temporal del flujo de productos. Se indicará cuando se use dicha técnica de dibujo.

La Figura 2 ilustra un sistema de inspección 1 según una primera realización. El sistema de inspección 1 comprende medios para explorar 10 un haz concentrado 12 en el flujo de productos 2, que además comprende medios 11 para generar dicho haz concentrado 12 y medios 13 para guiar, de forma acimutal, dicho haz 12 en un movimiento temporal en zigzag a lo largo de dicho flujo de productos 2; medios para detectar 20 haces de luz 5, 6 reemitidos por el flujo de productos 2 tras la exploración. Dicha luz de retorno 5, 6 se recoge por los medios de detección 20 sin reflejarse o sin que de otra forma se interfiera en ellos por los medios de exploración 10. En otras palabras, el trayecto de la luz 5, 6 reemitido por el flujo de productos 2 hacia dichos medios de detección 20 se separa ópticamente del trayecto de la luz incidente 14 hacia dicho flujo de productos 2. La presente realización no sufre, por lo tanto, las deficiencias de los sistemas de la técnica anterior porque los medios de exploración 10 se pueden dimensionar de manera independiente de los medios de detección 20, más concretamente, las dimensiones de la rueda poligonal 13 necesitan solamente una optimización con respecto al rendimiento de la exploración. Por ejemplo, en la invención actual, el área mínima de cada superficie de extremo reflejante de la rueda poligonal 13 puede ser tan baja como el tamaño de punto mínimo que se puede obtener por la fuente luminosa 11 sin afectar la relación señal/ruido de la luz detectada 5, 6. Por lo tanto, la rueda poligonal 13 se puede volver considerablemente más pequeña de lo que se puede lograr en la técnica anterior, y permitir así una velocidad giratoria más alta y una frecuencia de exploración más alta y una resolución vertical más alta que las que se pueden lograr en la técnica anterior. En algunas aplicaciones, como las hojas de tabaco, donde los flujos de producto pueden ser de hasta 18 m/s, el sistema de inspección 1 según la invención puede proveer resultados satisfactorios con suficiente resolución vertical.

Con el fin de enseñar la invención, también se ilustra el sistema de coordenadas  $[x_p, y_p]$  previamente introducido asociado al plano de proyección  $P^2$ . Además,  $P^2$  se incorpora a  $R^3$  introduciendo la tercera dimensión  $z$ , perpendicular a  $P^2$ . Los puntos de impacto 3, 4 se iluminan en diferentes instancias de tiempo pero se muestran en el mismo dibujo. Ello es para ilustrar que, en oposición a la técnica anterior, la imagen  $I$  del punto de luz en movimiento, formado por medios de enfoque 21, no se des-explora y, por consiguiente, los puntos 3, 4 se proyectan en  $P^2$  en diferentes coordenadas  $3', 4'$ . Para medir la diferencia entre la luz reemitida directamente 7 y la luz dispersa

8, se requiere una ventana unidimensional  $w$ , que filtra espacialmente dicha imagen  $I$  en  $P^2$  en la dirección  $y_p$  perpendicular a dicha línea de exploración proyectada  $S_p$ .

5 Los medios de detección 20 comprenden, durante el funcionamiento, medios de conversión 25 para convertir las señales ópticas detectadas 5, 6 en una señal eléctrica. Las señales eléctricas así obtenidas son representativas predominantemente de la luz 7 que se reemite directamente y/o de la luz 8 que se dispersa desde un área que rodea el punto de impacto o una combinación de ellas.

La Figura 3 ilustra un sistema de inspección 1 según una segunda realización. El sistema de inspección 1 comprende medios para explorar 10 un haz concentrado 12 en el flujo de productos 2, medios para detectar 20 haces de luz 5, 6 reemitidos por el flujo de productos 2 tras la exploración.

10 En la presente realización, los medios de detección 20 y los medios de exploración 10 se posicionan en lados opuestos del flujo de productos 2. La configuración según la Figura 3 permite, por consiguiente, detectar luz transmitida usando los mismos medios de exploración 10 y elementos de detección 20 que aquellos usados en la realización ilustrada en la Figura 2, e ilustrar así la flexibilidad del sistema de inspección 1 descrito en los sistemas descritos en la técnica anterior. La presente realización es de uso particular cuando se inspeccionan objetos

15 translúcidos o transparentes. Dichos objetos translúcidos o transparentes pueden ser productos granulados como, por ejemplo, partículas de alimentos, p.ej., pasas, partículas no alimentarias como, por ejemplo, bolitas. Dichos objetos pueden ser también objetos planos como, por ejemplo, placas translúcidas o transparentes, p.ej., placas de vidrio, placas plásticas. La realización ilustrada por la Figura 3 permite, entre otras cosas, la inspección de placas de vidrio como, por ejemplo, ventanas, para detectar defectos u objetos no deseados incorporados en o sobre las

20 placas de vidrio, p.ej., burbujas de aire en la placa de vidrio o en complementos adosados a la placa de vidrio o en los recubrimientos. Las placas translúcidas o transparentes se proveen a los medios de exploración en la forma de un flujo. Normalmente, una placa se refleja si un número predefinido de defectos u objetos no deseados se detecta dentro del área explorada de la placa. De manera alternativa, las áreas, secciones o líneas con defectos se marcan y luego se cortan y rechazan.

25 Un sistema de inspección 1 según las realizaciones de la invención pueden tener una fuente luminosa 11 y múltiples medios de detección 20 ubicados a diferentes lados del flujo de productos de modo que con un haz de luz de exploración 14 la luz reemitida directamente, luz dispersa, toda la luz y la luz transmitida se pueden detectar para cada objeto explorado 3.

30 En las realizaciones ilustradas por las Figuras 2 y 3, el efecto de exploración se obtiene proyectando un haz de luz 12 hacia un espejo poligonal 13 que rota. Sin embargo, el efecto de exploración se puede obtener por otros medios. El espejo móvil 13 no necesita ser un espejo que rota, sino que puede ser un elemento de espejo de una matriz de espejo óptico configurable (no se muestra). La posición de dicho espejo y, por lo tanto, el ángulo en el cual el haz concentrado 12 se refleja hacia el flujo de productos puede variar aplicando fuerzas electrostáticas a los elementos de espejo. Dichas matrices de espejo se conocen en la técnica y se usan, por ejemplo, en conmutadores ópticos,

35 litografía sin máscara y cine, visualizaciones o televisión digital. Normalmente, dichas matrices de espejo se fabrican como un Sistema Micro Electromecánico (MEMS, por sus siglas en inglés) que usa procesos de fabricación conocidos a partir de la tecnología semiconductora. Dichos dispositivos MEMS se proveen, entre otros, por SAMSUNG, o Texas Instruments, donde se conocen como DLP® (Tecnología de Procesamiento Digital de Luz). El concepto de matrices digitales de microespejo se describe, entre otros, por Jack Younse en "*Mirrors on a chip*", en

40 IEEE volumen 30, emitido el 11 de noviembre de 1993, páginas 27-31. El concepto de un explorador óptico que usa microespejos se describe, por ejemplo, en la solicitud de EE.UU. US 20060023284 publicada. En cualquier caso, dichos medios de exploración 10 no se pueden usar en la técnica anterior porque no permiten la segunda función, más concretamente, la función de detección y la des-exploración de la imagen  $I$ .

45 El efecto de exploración en las realizaciones según la invención se puede obtener por medios diferentes a los espejos, según se ilustra en la Figura 4a,b. Una ventaja de la presente invención es que la luz que se origina a partir de los productos explorados no necesita reflejarse por el mismo espejo que provee el efecto de exploración. Por lo tanto, los medios de exploración 10 son solamente para proveer un haz de luz de exploración 14 y no para recoger luz 5, 6 que se origina a partir del flujo de productos 2. En oposición a la técnica anterior, los medios de exploración 10 se pueden usar para generar un haz de luz de exploración 14 solamente.

50 Por ejemplo, los medios de exploración 10 pueden ser una fuente luminosa 11 que rota, la cual, tras la rotación, provee un haz de láser 14 que se mueve sobre el flujo de productos 2. Los medios de exploración 10 pueden ser una matriz de fuentes luminosas 11 como, por ejemplo, fuentes de láser, p.ej., diodos de láser o cualquier otra fuente que provea un haz de luz concentrado como, por ejemplo, una fuente luminosa colimada y enfocada, que se dispone, de manera funcional, para proveer la exploración del flujo de productos 2, como se ilustra en la Figura 4a.

55 Existen varias maneras de controlar 27 una matriz de fuentes luminosas 11 para proveer un efecto de exploración. Las fases relativas de los haces de luz individuales 12 emitidos por las respectivas fuentes luminosas 11 pueden variar de modo tal que un patrón de luz de la matriz se refuerza en una dirección deseada y se suprime en otras direcciones. Dicha matriz en fases se puede usar, por consiguiente, para proveer un haz de luz de exploración 14.

De manera alternativa, si las fuentes luminosas 11 se disponen en una matriz lineal, el circuito de control electrónico 27 se puede proveer para encender, de manera secuencial, las fuentes luminosas individuales 11 una después de la otra de modo que los puntos de luz sucesivos se generan en el flujo de productos. En otra realización preferible, las fuentes luminosas individuales 11 se pueden encender de manera permanente, por medio de lo cual se produce una línea de exploración estática. Preferiblemente, la matriz lineal se diseña para cubrir el ancho completo del flujo de productos 2 de modo que todos los objetos que pasan se pueden explorar. En la Figura 4b, los medios de enfoque 26 se muestran explícitamente en conexión óptica con la fuente luminosa 11 generando una lámina estática 14 de luz concentrada en una dimensión. Una fuente luminosa 11 difusa puede dirigir la luz 12 hacia dichos medios 26 que pueden ser un colimador en combinación con una lente cilíndrica convergente o, de manera alternativa, un generador de haz de láser 11 se puede dirigir hacia dichos medios 26 que, en el presente caso, pueden ser, por ejemplo, una malla reticular. Aún otra manera de generar una línea de exploración estática es usar un proyector, un dispositivo conocido para proyectar imágenes, y proyectar una imagen de una línea (no se muestra). Dichos medios de exploración 10 son de uso particular para la detección de defectos en situaciones donde dichos defectos solamente necesitan detectarse hasta el momento en el cual ocurren y no hasta su posición exacta a lo largo de la línea de exploración. Un ejemplo típico es la inspección de recubrimientos de cristal o la falta de ellos. Cuando se detecta dicha deficiencia, toda la placa de vidrio actualmente inspeccionada se elimina o una línea de vidrio completa se etiqueta para la posterior eliminación.

La invención actual no se limita, sin embargo, a las realizaciones descritas más arriba y cualquier haz de luz de exploración 14 enfocado en al menos una dimensión, más concretamente, con  $d_r > 0$  ( $d_r$  definido como el número de dimensiones en las cuales se concentra la luz incidente) cae dentro del alcance de su protección.

Una persona con experiencia en la técnica se dará cuenta de que se puede usar más de una fuente luminosa. Las configuraciones ilustradas por las Figuras 2, 3, 4a o 4b solo emplean una fuente luminosa 11 que provee un solo haz de luz 12 de una longitud de onda específica o dentro de un rango (continuo) específico de longitud de onda. En algunas aplicaciones, puede ser ventajoso explorar el flujo de productos 2 con más de un haz de luz 14 o poder elegir entre diferentes haces de luz disponibles. Cada haz de luz tiene una longitud de onda diferente o un rango (continuo) de longitudes de onda. Las respectivas longitudes de onda se seleccionan en función de los productos que se explorarán, en particular, en función de su respuesta y/o sensibilidad al haz de luz de exploración como función de la longitud de onda. Por ejemplo, el flujo de productos se puede explorar de manera simultánea con un haz de luz infrarrojo y uno verde. Otras aplicaciones requieren otras combinaciones de longitudes de onda, como apreciarán las personas con experiencia en la técnica.

La Figura 5 ilustra dicha configuración de un sistema de inspección 1 que comprende múltiples fuentes luminosas 11, 11' para generar múltiples haces de luz 12, 12'. En dicha configuración, que se muestra en la Figura 5, el haz de luz 12, 12' de cada fuente luminosa 11, 11' se refleja hacia el espejo móvil 13 mediante un espejo semitransparente o dicróico 15, 15' de modo que los haces de luz 12, 12' impactan en el espejo móvil 13 en sustancialmente la misma posición y los haces de luz 14 explorarán el flujo de productos 2 en sustancialmente el mismo plano. Los espejos semitransparentes 15, 15' se alinean a lo largo del mismo eje óptico. Cada espejo semitransparente 15 refleja la luz 12 desde la fuente luminosa 11 correspondiente hacia el espejo móvil 13, mientras se atraviesa la luz 12' reflejada desde otros espejos 15' a lo largo del eje óptico.

Como puede apreciar una persona con experiencia en la técnica, la posición de los medios de detección 20 se puede elegir libremente dado que los medios de exploración 10 y medios de detección 20 no se sincronizan entre sí y funcionan independientemente unos de otros. En oposición a la técnica anterior, la posición de los medios de detección 20 se puede seleccionar, por consiguiente, en vista del espacio disponible, la detección optimizada o el tipo de señales de luz 5 que se detectarán, p.ej., reflectiva o transmisora sin impactar en la posición de los medios de exploración 10. Si se usan múltiples medios de detección 20, 20', dichos medios de detección 20, 20' se pueden posicionar en el mismo lado de los medios de exploración 10 o a lados diferentes de los medios de exploración 10, como se ilustra en la Figura 5. Los medios de exploración 10 y los medios de detección 20 se pueden ubicar al mismo lado del flujo de productos 2, como se ilustra en la Figura 2, o a lados opuestos del flujo de productos 2, como se ilustra en la Figura 3. Una persona con experiencia en la técnica se dará cuenta de que se pueden concebir otras combinaciones de medios de detección 20 y medios de exploración 10, p.ej. múltiples medios de detección 20, 20' posicionados de manera opuesta a los medios de exploración 10 de modo tal que la transmitancia de los objetos en el flujo de productos 2 en varias longitudes de onda se puede medir.

Dado que el flujo de productos 2 se explora por haces de luz 14, 14' con diferentes longitudes de onda, los medios de detección 20, 20' apropiados necesitan preverse. Preferiblemente, el número de medios de detección 20, 20' es igual al menos al número de haces de luz de exploración 14, 14' de modo que cada medio de detección 20, 20' se puede seleccionar para que sea sensible a una longitud de onda diferente. Más preferiblemente, el número de medios de detección 20, 20' supera el número de haces de luz de exploración 14, 14', por lo cual los medios de detección sintonizados en la misma longitud de onda son sensibles a diferentes regiones (a saber, región dispersa y/o región directamente reemitida) en la imagen I formada. Cada medio de detección 20 puede tener diferentes configuraciones de parámetros (p.ej., ganancia, desplazamiento, etc.) y su función se puede optimizar independientemente de los otros medios de detección 20'.

Mientras en la realización ilustrada por la Figura 5 los haces de luz individuales 12, 12' se dirigen hacia el espejo movable 13 a lo largo del mismo eje óptico, uno puede dirigir los haces de luz 12, 12' a lo largo de ejes ópticos diferentes al espejo movable 13, y evitar así el uso de espejos dicróicos 15, 15' para alinear los haces de luz individuales 12, 12'. Los haces de luz individuales 12, 12' ahora impactan en el espejo movable 13 bajo diferentes ángulos, brindando cada haz de luz 12, 12' tras el reflejo por el espejo movable 13 un haz de exploración 14, 14' que resulta en una línea de exploración S, S' del mismo ancho. Las líneas de exploración S, S' de los haces de luz individuales 12, 12' se seleccionan para superponerse al menos parcialmente de modo que las líneas de exploración superpuestas corresponden al ancho D del flujo de productos explorado. La presente realización se ilustra por la Figura 6. En la técnica anterior, dicha optimización es imposible por el uso de un espejo con orificio que se usa para separar el haz de luz de origen de la luz de retorno recogida. El orificio en el espejo tendría que ser demasiado grande.

Una persona con experiencia en la técnica apreciará que un efecto similar se puede lograr posicionando cada fuente luminosa 11, 11' bajo un ángulo espacial diferente. En cualquier caso, es claro que dichas configuraciones no se pueden concebir en la técnica anterior.

El sistema de inspección 1 según las realizaciones de la presente invención permite a cada haz de luz 14 explorar el flujo de productos 2 en un plano separado porque los medios de exploración 10 solamente proveen el haz de luz de exploración 14 y no necesitan recoger la luz 5, 6 que retorna del flujo de productos 2. Los medios de exploración 10 y los medios de detección 20 se desacoplan y funcionan independientemente unos de otros. Por lo tanto, los medios de exploración 10 comprenden múltiples fuentes luminosas giratorias 11, 11' o múltiples matrices de fuentes luminosas 11, 11' como, por ejemplo, una matriz lineal de diodos de láser es aplicable en sistemas de inspección 1 según las realizaciones de la presente invención.

En lugar de tener un espejo movable desde la fuente luminosa 13, uno puede elegir tener múltiples espejos movibles 13, cada espejo vinculado, de forma funcional, a una fuente luminosa 11 (no se muestra). Si, por ejemplo, una matriz de espejo óptico configurable se usa según se describe más arriba, cada elemento de espejo en dicha matriz se puede asociar a una fuente luminosa individual.

En los sistemas de detección de la técnica anterior, el haz de luz 14 proyectado hacia el flujo de productos 2 y los haces de luz 5, 6 recogidos desde el flujo de productos 2 necesitan estar en el mismo plano ya que ambos pasan por elementos comunes de los medios de exploración. En los sistemas de inspección 1 según la presente invención, uno puede elegir en qué ángulo se ubican los medios de detección 20 con respecto al plano de exploración, a saber, el plano en el cual el haz de luz de exploración 14 se mueve hacia atrás y hacia adelante en el flujo de productos 2.

En la configuración ilustrada por la Figura 7, los medios de detección 20 se posicionan en un ángulo con respecto a los medios de exploración 10. Por lo tanto, el haz de luz de exploración 14 hacia el flujo de productos 2 y el haz de luz recogido 5 que retorna desde el flujo de productos 2 se propagan sustancialmente en diferentes planos. Si se usan múltiples haces de luz de exploración 14, 14', los medios de exploración 10 se pueden posicionar de modo que los planos de exploración correspondientes se inclinan ligeramente inclinados unos hacia otros. La Figura 7 se puede considerar una vista lateral de la Figura 2 con solamente una fuente luminosa 11 y medios de exploración 10 cuando se mira de derecha a izquierda. La Figura 7 además muestra un conducto inclinado 31 para guiar el flujo de productos 2 hacia el plano de exploración. Detrás del flujo de productos 2, a saber, en el lado opuesto al lado donde se ubican los medios de exploración, se provee un elemento de fondo 30 que se usa, entre otras cosas, para calibrar y corregir el sistema de inspección 1 y para proveer una referencia óptica.

De manera opcional, el haz de luz de exploración 14 se puede dirigir hacia el flujo de productos 2 a través de una ventana semitransparente de modo que el haz de luz de exploración puede atravesar dicho espejo semitransparente para impactar en el flujo de productos. Dicho espejo permite dirigir el haz de luz de exploración hacia el flujo de productos pero sustancialmente evita que los haces de luz que retornan del flujo de productos entren en los medios de exploración, en particular, la fuente luminosa, e impacten negativamente en la función de los medios de exploración, en particular la fuente luminosa 11.

La Figura 8 muestra una realización que ilustra la distancia reducida entre los medios de exploración 10 y el flujo de productos 2 explorado en comparación con la técnica anterior para el mismo ancho de exploración D. La distancia entre la rueda poligonal giratoria 13 y el flujo de productos 2 se mantiene igual para la configuración de la técnica anterior y la configuración según una realización de la invención. Sin embargo, como se puede ver en la propia Figura 8, y según se explica más abajo, la distancia óptica se reduce de manera significativa.

Se puede ver que con ruedas poligonales 13, el ángulo en el cual el haz de luz de exploración 14 se mueve es de  $4\pi/n$ ; siendo  $n$  el número de superficies de extremo reflejantes. Si se usa una rueda poligonal giratoria 13' según la técnica anterior, el número de superficies de extremo reflejantes para una dimensión dada de la rueda poligonal 13' se limita porque el área de cada espejo debe ser lo suficientemente grande para recoger suficiente luz entrante. Con el fin de aumentar el ángulo en el cual la rueda poligonal explora una distancia óptica dada hasta el flujo de

productos 2, el número de dichos espejos debe reducirse. Desafortunadamente, ello también reducirá, en forma proporcional, la frecuencia de exploración. Dado que las ruedas poligonales 13' de los tamaños requeridos por la técnica anterior se encuentran limitadas en la velocidad giratoria, uno puede, por lo tanto, no reducir el número de espejos tanto como en la invención actual. Si un flujo de productos 2 se explora en un ancho D, solo hay un parámetro restante: la distancia entre la rueda poligonal y el flujo de productos 2. Se debe aumentar hasta que el ancho de exploración D encaje dentro del ángulo de exploración del haz de luz de exploración 14' en la posición del flujo de productos 2. En consecuencia, el espaciado entre el flujo de productos 2 y los medios de exploración 10 puede ser considerablemente grande, por ejemplo, en las disposiciones actuales es de 1,8m para obtener un ancho de exploración de 1,2m. En la invención actual, los medios de detección 20 se desacoplan de los medios de exploración 10, por lo cual las mismas restricciones de tamaño para las facetas poligonales ya no se aplican y se pueden elegir ruedas poligonales 13 mucho más pequeñas que pueden rotar a velocidades mucho más altas a distancias más cercanas.

Las soluciones de la técnica anterior para reducir dicho espaciado comprenden plegar los haces de exploración 14'. Dicho enfoque se ilustra en la Figura 8, donde las líneas punteadas denotan el haz de luz de exploración 14' plegado. Después de reflejarse por la rueda poligonal giratoria 13', el haz de luz de exploración 14' se refleja hacia atrás por un primer espejo 16 hacia un segundo espejo 16'. Dicho segundo espejo 16' refleja, a su vez, el haz de luz de exploración 14' hacia el flujo de productos 2 para su exploración. La luz que retorna del flujo de productos 2 tras la exploración seguirá el mismo gran trayecto óptico entre la rueda poligonal giratoria 13' y el flujo de productos 2 según se indica mediante las líneas punteadas. Para la misma longitud de trayecto óptico y, por lo tanto, para la misma dispersión espacial del haz de luz de exploración 14', el enfoque de plegado permite posicionar los medios de exploración 10 más cerca del flujo de productos 2 en comparación con la configuración donde la luz 12 se reemite directamente por la rueda poligonal giratoria 13' hacia el flujo de productos para su exploración 14'. Sin embargo, dado que la longitud del trayecto óptico permanece igual, la energía del haz de luz de exploración 14' se distribuirá sobre un área más grande. Con el fin de compensar la intensidad de luz reducida, fuentes luminosas 11 más potentes o medios de conversión 25 más sensibles se necesitan en la técnica anterior.

En un sistema de inspección 1 según las realizaciones de la invención, el número de superficies de extremo reflejantes de la rueda poligonal giratoria 13 se puede reducir fácilmente según se describe, entre otras, en la realización ilustrada en la Figura 2. A medida que las superficies de extremo reflejantes se reducen, el ángulo de exploración aumenta. Ello se ilustra en la Figura 8 mediante las líneas continuas 14 que denotan la luz reflejada por una rueda poligonal 13 según las realizaciones de la invención. Con el fin de enseñar la invención, la rueda poligonal 13 y el flujo de productos 2 se ubican en la misma posición que para un sistema de inspección de la técnica anterior que comprende un sistema de plegado 16, 16'. Sin embargo, el polígono 13 se dibuja considerablemente más pequeño para indicar la diferencia con las dimensiones poligonales de la técnica anterior. En la posición del flujo de productos 2, el ancho de exploración D deseado se obtiene incluso para un espaciado reducido entre la rueda poligonal giratoria 13 y el flujo de productos 2 sin una configuración de espejo de plegado. Por lo tanto, un sistema de inspección 1 según las realizaciones de la invención permite obtener un gran ángulo de exploración en un espacio limitado y una distancia óptica limitada entre los objetos que se explorarán y los medios de exploración 10 y reducir así la complejidad y coste en comparación con la técnica anterior.

Como se indica en la realización ilustrada en la Figura 2, no se obtiene ninguna imagen estática del flujo de productos 2 inspeccionado cuando los medios de enfoque 21 enfocan en ambas dimensiones planas  $x_p$  e  $y_p$ . Los haces de luz 5 que se originan a partir de un objeto 3 producen una imagen 3' en  $P^2$  en una posición predeterminada en los medios de detección 20. Asimismo, los haces de luz 6 que se originan a partir de un objeto 4 en otra posición en el flujo de productos 2 producen una imagen 4' en  $P^2$ . La imagen 4' del objeto 4 se proyecta, sin embargo, en otra posición predeterminada en  $P^2$ . Mientras el punto del haz de luz de exploración 14 se desplaza a lo largo de la línea de exploración S en el flujo de productos 2, la imagen correspondiente 3', 4' en  $P^2$  también se desplaza de forma lineal a lo largo de la correspondiente línea de exploración proyectada  $S_p$ , en lugar de proyectarse en sustancialmente el mismo punto, brindando una imagen des-explorada estática, como es el caso en la técnica anterior. Una persona con experiencia en la técnica se dará cuenta de que durante el funcionamiento efectivo se provee solo una imagen a la vez y la presentación de ambas imágenes 3' y 4' en el mismo dibujo es solamente ilustrar el efecto temporal presente en la invención actual.

Los medios de conversión 25, cuando están presentes, recibirán luz en diferentes posiciones de su área activa. Con el fin de enseñar la invención, tanto el flujo de productos como los medios de detección se muestran en una vista frontal que ilustra cómo la luz se origina a partir de los objetos explorados y además ilustra las imágenes 3', 4' obtenidas. Los medios de detección 20 que comprenden los medios de enfoque 21 se muestran en la vista superior para ilustrar las realizaciones diferentes de manera más clara.

En la realización ilustrada en la Figura 9, la luz 5 que se origina desde el flujo de productos 2, si se reemite directamente 7 o se dispersa 8, se enfoca por los medios 21 en dos dimensiones de modo que un punto de imagen individual 3' en una posición predeterminada individual se forma para cada objeto explorado 3 dependiendo de la posición del objeto a lo largo de la línea de exploración S del haz de luz de exploración 14. Los medios de enfoque 21 se pueden llevar a cabo con una lente esférica o esférica 23, más preferiblemente con un sistema de lentes

convergentes que enfocan la luz reemitida 5, 6 en dos dimensiones. El diseño de dicho sistema de lentes se puede dirigir por una persona con experiencia en la técnica y puede incorporar cualquier diseño conocido que impacte de forma positiva en el rendimiento de los medios de detección 20.

5 En la presente realización, una exploración del haz de luz de exploración 14 en el flujo de productos resultará en una matriz lineal de imágenes individuales 3', 4' en los medios de detección 20; el círculo interno correspondiente a la luz directamente reemitida 7' detectada y el área circular circundante correspondiente a la luz dispersa 8' detectada. Regiones iguales en las imágenes 3', 4' tienen iguales coordenadas  $y_p$  pero coordenadas  $x_p$  que varían. Con el fin de apreciar en cualquier momento la cantidad total de energía presente en la luz detectada relacionada con la luz directamente reemitida 7' detectada y luz esparcida 8' un filtro espacial  $w$  tiene que ser funcional en el filtrado  $P^2$  de dichas imágenes 3', 4' solamente en la dirección  $y_p$  perpendicular a dicha línea de exploración proyectada  $S_p$ .

10 Aunque la Figura 9 demuestra una situación donde los objetos 3, 4 se exploran con un punto de luz concentrado, se ha advertido que una realización idéntica produciría los mismos resultados cuando la iluminación se realiza usando una lámina de luz concentrada, más concretamente, una iluminación concentrada en solo una dimensión. Cuando se usa un solo medio de conversión 25 de luz sensible, por ejemplo un tubo fotomultiplicador, la señal de salida de dicho medio de conversión solo será indicativa de la cantidad de luz presente en dicha imagen proyectada  $l$  y la ubicación de los objetos individuales 3, 4 a lo largo de  $S$  se puede recuperar. Por lo tanto, uno puede determinar solamente la presencia de un objeto 3, 4 a lo largo de la línea de exploración  $S$ . Sin embargo, en algunas aplicaciones ello es suficiente, por ejemplo cuando se encuentran defectos de recubrimiento en hojas de vidrio. En una realización alternativa, los medios de conversión 25 comprenden una matriz de elementos sensibles a la luz, por ejemplo un chip de cámara CCD o una matriz de tubos fotomultiplicadores, lo cual produce una señal digital representativa de dicha imagen proyectada  $l$  en  $P_2$ . Mediante el uso de técnicas de procesamiento de imágenes conocidas, la línea de exploración proyectada  $S_p$  se puede recuperar a partir de dicha imagen digital y las ubicaciones exactas de los objetos 3, 4 se pueden extraer, como apreciará una persona con experiencia en la técnica. En una combinación preferible, la función de ventana  $w$  se implementa en software de modo que el filtrado se puede llevar a cabo en la imagen digitalizada.

15 Los medios de enfoque 21 se usan para obtener una imagen 3' del objeto explorado 3. Como se muestra en la Figura 9, la imagen obtenida es muy pequeña ya que la relación entre el ancho explorado  $D$  y el ancho  $d$  del área activa de los medios de conversión 25 puede ser un factor de 100 o más, normalmente un factor de 150. Asimismo, la altura de la imagen a lo largo de la dirección  $y_p$  se escala por el mismo factor. Por ejemplo, para un haz concentrado con un diámetro en sección transversal de 2 mm (que es típico), la imagen de la luz directamente reemitida estará en el orden de  $15\mu\text{m}$  a lo largo de  $y_p$ . Un diafragma 22 totalmente caracterizado por dicha función de filtro espacial  $w$  necesita construirse con características mecánicas en el orden de los micrometros. Una persona con experiencia en la técnica se puede dar cuenta de ello usando técnicas como la electroformación, litografía, cromo vaporización en vidrio y similares.

20 La Figura 10 ilustra una realización en donde los medios de enfoque 21 comprenden una lente cilíndrica plana convergente 23 de modo que una imagen real se obtiene enfocada solamente en la dirección  $y_p$ . Más preferiblemente, los medios de enfoque 21 comprenden un sistema de lentes convergentes que enfoca la luz reemitida 5, 6 en una dimensión, más específicamente en la dirección  $y_p$ . El diseño de dicho sistema de lentes se puede llevar a cabo por una persona con experiencia en la técnica y puede incorporar cualquier diseño conocido que impacte positivamente en el rendimiento de los medios de detección 20. Con el fin de enseñar la invención, las imágenes de dos objetos explorados 3, 4 provistos por los medios de detección 20 se muestran juntas aunque en el presente caso el efecto temporal se ofusca de alguna manera porque ambos objetos 3, 4 producen la misma imagen superpuesta, en líneas. Una lente cilíndrica posicionada como se muestra en la Figura 10 tiene una magnificación vertical, más precisamente una magnificación a lo largo de su meridiano de potencia, pero no altera la luz en la dirección perpendicular y es, por consiguiente, particularmente útil en sistemas de inspección según las realizaciones de la presente invención, más concretamente, la magnificación en la dirección  $y_p$  se puede elegir independientemente del factor  $D/d$ . Después de atravesar dichos medios de enfoque 21, los haces de luz recogidos 5 se enfocarán y magnificarán a lo largo del meridiano de potencia, más precisamente a lo largo de la dirección  $y_p$ , mientras que en la dirección  $x_p$  los haces de luz no se enfocan y resultan en una imagen en líneas como se ilustra en la Figura 10.

25 En la realización ilustrada por la Figura 10, cada fuente puntual 3', 4' se reflejará como tres bandas lineales de energía; la banda lineal interna o banda correspondiente predominantemente al componente de luz directamente reemitida 7 de la imagen de la luz detectada 5 que tiene una altura  $K_2$ , las dos bandas externas a lados opuestos de la banda interna correspondientes al componente de luz dispersa 8 de la imagen de la luz detectada 5 que tienen alturas respectivas  $K_3$  y  $K_4$ . La altura total de la imagen 3 será  $K_1$ , que es la suma de  $K_2$ ,  $K_3$  y  $K_4$ . Cada fuente puntual 3 a lo largo de la línea de exploración  $S$  del flujo de productos 2 explorado producirá una línea o franja de imagen lineal 3 en todo el ancho activo  $d$  de los medios de conversión 25 en lugar de un punto en una coordenada particular  $(x_p, y_p)$ . Sin embargo, uno puede diferenciar entre imágenes 3', 4' de objetos explorados 3, 4 sucesivos correlacionando el progreso temporal del haz de exploración 14 con la imagen lineal obtenida. Cada momento en el tiempo corresponde a una posición predeterminada del punto de exploración 14 y, por lo tanto, la distribución de

energía medida en los medios de detección 20 corresponde a la luz 5 reemitida por el objeto 3 en dicha posición predeterminada. De manera alternativa, los sistemas ópticos diferentes a las lentes se pueden aplicar para producir el mismo efecto, a saber, obtener una imagen lineal de cada punto explorado 3, por ejemplo pares de prismas, pares de espejos y similares, como comprenderá una persona con experiencia en la técnica. Al seleccionar la magnificación de los medios de enfoque 21 a lo largo de su meridiano de potencia, las alturas relativas  $K_2$ ,  $K_3$  y  $K_4$  de las diferentes bandas se pueden seleccionar de modo que uno puede controlar las alturas de dichas bandas individuales.

Aunque la Figura 10 demuestra una situación donde los objetos 3, 4 se exploran con un punto de luz concentrado, se indica igualmente que una realización idéntica producirá la misma imagen en línea cuando la iluminación se lleva a cabo usando una lámina de luz concentrada, más concretamente, una iluminación concentrada en solo una dimensión. Sin embargo, en dicho caso, no existe correlación alguna entre el progreso temporal del haz de exploración 14 y la imagen lineal obtenida; más concretamente, la imagen en el presente caso será la suma de la luz reemitida por la línea de exploración S en todo su ancho D. Por lo tanto, uno puede solo determinar la presencia de un objeto 3 a lo largo de la línea de exploración S, pero uno no puede determinar la ubicación exacta a lo largo de S de dicho objeto 3. Sin embargo, en algunas aplicaciones, por ejemplo al encontrar defectos de recubrimiento en hojas de vidrio, esto es suficiente.

La abertura de los medios de detección 20 según la realización en la Figura 10 se determina por el área activa de los medios de conversión 25 de luz en combinación con el ancho de los medios de exploración 21. El tamaño de los medios de enfoque 21 se debe elegir en consecuencia para capturar el ancho de exploración D. Más específicamente, el ancho del meridiano de eje de los medios de enfoque 21 debe ser lo suficientemente grande para capturar los rayos izquierdos y derechos externos que se originan a partir de la línea de exploración S.

En la realización ilustrada en la Figura 9, un medio de enfoque 21 se usa brindando enfoque y magnificación en ambas direcciones planas  $x_p$ ,  $y_p$  produciendo imágenes típicas de cada fuente puntual 3. La Figura 11 ilustra una realización en donde los medios de enfoque 21 comprenden una primera lente cilíndrica convergente 23 para enfocar en una primera dirección, a saber, a lo largo de  $x_p$ , y una segunda lente cilíndrica convergente 23' para enfocar en una segunda dirección ortogonal a la primera dirección, más concretamente a lo largo de  $y_p$ . La primera lente 23 se posiciona para dirigir haces de luz 5 que se originan a partir del flujo de productos 2 hacia la segunda lente 23'. También aquí las imágenes individuales 3', 4' se obtienen para cada fuente puntual 3, 4. Sin embargo, dichas imágenes 3', 4' se magnifican de forma diferente a lo largo de  $x_p$  e  $y_p$ , y resultan en imágenes elípticas. Con el fin de enseñar la invención, las imágenes de dos objetos explorados 3', 4' provistas por los medios de detección 20 se muestran juntas. Mediante la selección de la magnificación a lo largo de la dirección de enfoque de las alturas relativas, a saber a lo largo de  $x_p$  e  $y_p$  de  $K_2$  interna y  $K_3$ - $K_4$  externas, el elipse se puede seleccionar de modo que uno puede controlar la altura mínima detectable  $K_2$ ,  $K_3$ - $K_4$ . De manera alternativa, una combinación de una lente esférica convergente 23 y una lente cilíndrica de magnificación 23' se usa para obtener una imagen lineal. Las lentes esféricas convergentes 23 proveen enfoque de los haces de luz entrantes 5 en una imagen de puntos mientras las lentes de magnificación 23' expanden los haces de luz enfocados a lo largo del meridiano de potencia, más concretamente, a lo largo de  $y_p$ . En cualquier caso, el ancho del meridiano de eje (a lo largo de  $x_p$ ) del segundo medio de enfoque 23' se puede reducir considerablemente, a diferencia de la realización de la Figura 10.

Una persona con experiencia en la técnica se dará cuenta de que los medios de enfoque se optimizarán no solo para el enfoque y la magnificación. Otros requisitos como, por ejemplo, la aberración esférica o cromática, necesitan tenerse en cuenta cuando se determina el rendimiento óptico de los medios de detección. Además, cualquier técnica óptica conocida se puede aplicar para aumentar la cantidad de luz capturada por los medios de detección, por ejemplo usando espejos posicionados en frente de los medios de enfoque 21 de modo que más luz se dirige hacia dichos medios de enfoque 21. Como tales, los medios de enfoque 21 pueden comprender cualquier combinación de elementos ópticos para corregir cualquiera de los de más arriba, como puede apreciar una persona con experiencia en la técnica.

Cuando se clasifican productos, las señales eléctricas se generan de forma proporcional a la luz predominantemente reemitida de forma directa 7, luz dispersa 8, luz transmitida o cualquier luz (capturada) que se origina a partir del producto explorado 3 y recibida 5 por los medios de detección 20. De manera opcional, se generan señales eléctricas que son una combinación de cualquiera de las señales de luz de más arriba; de forma alternativa, dichas combinaciones se pueden llevar a cabo después de la digitalización de dichas señales eléctricas. Un sistema de inspección 1 según cualquiera de las realizaciones puede, por consiguiente, comprender además circuitos de control en comunicación funcional con los medios de detección 20 para recibir señales eléctricas generadas por los medios de detección 20 en respuesta a la luz 5 recogida por los medios de detección 20. Los circuitos de control generarán entonces señales de control basadas en una señal eléctrica individual o una combinación de cualquiera de dichas señales eléctricas, a saber las señales se pueden manipular por los circuitos de control, p.ej. mediante suma, resta, multiplicación u otro proceso. Las señales ópticas se pueden, por consiguiente, procesar por separado y convertir en una señal de control.

Dependiendo de qué parte de la luz 5 recogida en los medios de detección 20 se convertirá en una señal eléctrica, el sistema de inspección 1 comprende:

- 5 - medios de detección 20 que tienen un campo visual de modo que los medios de detección 20 son sensibles a toda la luz recogida por los medios de enfoque 21 en cuyo caso esencialmente toda la luz que alcanza dichos medios de detección 20 se convierte,
- medios de detección 20 que tienen un campo visual de modo que dichos medios de detección 23 son sensibles predominantemente solo a la luz reemitida de forma directa 7 en cuyo caso predominantemente solo la luz emitida de forma directa se convierte, o
- 10 - medios de detección 20 que tienen un campo visual de modo que dichos medios de detección 20 son sensibles sustancialmente solo a la luz dispersa 8 en cuyo caso solo la luz dispersa 8 se convierte.

Un sistema de inspección 1 puede comprender cualquiera de dichos medios de detección o cualquier combinación de ellos. En cuanto al ejemplo ilustrado por la Figura 5, un sistema de inspección 1 puede comprender más de un medio de detección 20, 20'. Cada uno de dichos medios de detección 20, 20' se puede seleccionar para que sea sensible a una longitud de onda específica o rango de longitudes de onda y/o para que sea sensible a luz predominantemente reemitida de forma directa 7, a luz dispersa 8 o a ambas.

En una realización particular de la invención, el sistema de inspección 1 comprende un primer medio de detección 20 que tiene un campo visual de modo que dicho medio de detección 20 es sensible a predominantemente solo la luz reemitida de forma directa 7 y un segundo medio de detección 20' que tiene un campo visual de modo que dicho medio de detección 20' es sensible sustancialmente solo a la luz dispersa 8. En la presente configuración, los circuitos de control puede sumar las señales eléctricas correspondientes a la luz reemitida predominantemente de forma directa convertida 7 y la luz dispersa convertida 8 para obtener una señal eléctrica representativa tanto para la luz directamente reemitida como para la luz dispersa convertida. De esta manera, se pueden generar tres señales de control correspondientes a la luz predominantemente reemitida de forma directa 7, luz dispersa 8 o ambas.

En otra realización de la invención, el sistema de inspección comprende un primer medio de detección 20 que tiene un campo visual de modo que dicho medio de detección 20 es sensible solo a la luz predominantemente reemitida solo de forma directa 7 y un segundo medio de detección 20' que tiene un campo visual de modo que dicho medio de detección 20' es sensible tanto a la luz directamente reemitida 7 como a la luz dispersa 8. En la presente configuración, el circuito de control puede sustraer las señales eléctricas provistas por el primer 20 y al segundo 20' medio de detección para obtener una señal eléctrica representativa para la luz sustancialmente dispersa 8 solamente. De esta manera, se pueden generar tres señales de control correspondientes a la luz predominantemente reemitida de forma directa 7, luz dispersa 8 o ambas.

Como se describe en las realizaciones previas, los medios de detección 20 proveen una imagen 3' de cada objeto explorado 3 que será una imagen en líneas 3' a lo largo de la línea de exploración proyectada  $S_p$  como se ilustra por la Figura 10 o una imagen 3' que se mueve a lo largo de la línea de exploración proyectada  $S_p$  según la exploración del flujo de productos 2. En el último caso, la imagen en movimiento 3' puede ser circular como se ilustra en la Figura 9 o elíptica como se ilustra en la Figura 11.

En cualquier caso, parte de la imagen 3' formada en los medios de detección se relaciona con la luz directamente reemitida 7 detectada, mientras que otra parte se relaciona con la luz dispersa 8 detectada. Debido al carácter lineal de dichas imágenes, los diafragmas circulares de la técnica anterior no se pueden usar para permitir el paso de partes seleccionadas de cada imagen para diferenciar entre los diferentes componentes de la luz detectada, más concretamente no se pueden caracterizar por una función de filtrado espacial  $w$  apropiada.

En las Figuras 12a, b y c se muestra una solución para permitir el paso de partes seleccionadas de luz 5 recibida por los medios de detección 20 en un sistema de inspección 1 según cualquiera de las realizaciones. El dispositivo 22 es un dispositivo de diafragma que tiene una abertura tipo hendidura 24. Las dimensiones de la abertura 24 se seleccionan en correspondencia con las dimensiones de dicha imagen 3' o componentes de aquella obtenidos por los medios de enfoque 21 para producir el campo visual específico. La abertura 24 se puede formar como una abertura rectangular en una placa pero puede ser también una región rectangular en una placa, dicha región siendo transmisora para sustancialmente solo la longitud de onda o rango de longitudes de onda de la luz que se origina a partir del flujo de productos 2 explorado mientras el resto de la placa bloquea cualquier luz. En otra realización, el elemento 22 puede ser un mapa de bits almacenado en una memoria electrónica o se puede implementar como la función de filtrado  $w$  en software.

El diafragma 22 es, por definición, una subregión de dicho plano de imágenes  $P^2$ . Dicho plano  $P^2$  coincide sustancialmente con el plano de imagen de enfoque de los medios de detección 20. La apertura de la abertura 24 se alinea a lo largo de la línea de exploración proyectada  $S_p$ . Las características delimitadoras del campo visual del diafragma 22 se describen totalmente por una función de filtrado espacial unidimensional o ventana  $w$  dependiente solamente de la dirección  $y_p$ . El campo que delimita los dispositivos 22 es universalmente aplicable a cualquiera de

los tipos de imagen (en líneas, circular o elíptica), más específicamente cualquier imagen que tenga un carácter lineal y obtenida por un sistema de inspección 1 según cualquier realización de la invención.

5 La Figura 12a ilustra un dispositivo 22 para delimitar el campo visual de los medios de detección 20 tanto para la luz directamente reemitida 7 como para la luz dispersa 8 según una realización de la invención. La abertura 24 se forma como un rectángulo, la longitud L a lo largo del eje  $x_p$  es preferiblemente tal que se usa la longitud total d del área activa de los medios de conversión 25. La altura  $H_1$  a lo largo del eje  $y_p$  se elige preferiblemente para que sea sustancialmente proporcional a o mayor que la altura general  $K_1$  de la imagen 3' en  $P^2$ . La función de ventana w característica entonces se convierte en

$$w_1(y_p) = \begin{cases} 0, & |y_p| \geq H_1/2 \\ 1, & |y_p| < H_1/2 \end{cases}$$

10 La Figura 12b ilustra un dispositivo 22 para delimitar el campo visual de los medios de detección 20 solamente para la luz predominantemente reemitida de forma directa 7 según una realización de la invención. La abertura 24 se forma como un rectángulo, la longitud L a lo largo del eje  $x_p$  es preferiblemente tal que se usa la longitud total d del área activa de los medios de conversión 25, la altura  $H_2$  a lo largo del eje  $y_p$  siendo sustancialmente proporcional a la altura  $K_2$  del componente de la imagen 3' en  $P^2$ , dicho componente es representativo de la luz directamente reemitida 7 recogida. Como se muestra, entre otras, en las Figuras 10 y 11, dicho componente corresponde a la parte media de la imagen 3' formada. Debido a la magnificación provista por los medios de enfoque 21 al menos en la dirección  $y_p$ , la dimensión  $K_2$  de dicho componente directamente reemitido se puede extender. Por lo tanto, las dimensiones  $K_2$  del componente directamente reemitido 7 de la imagen 3' pueden diferir del diámetro del haz de luz de exploración 14. La altura  $H_2$  de la abertura 24 puede, por consiguiente, seleccionarse en un rango que permite optimizaciones de fabricación del diafragma. La función de ventana w característica se convierte entonces en

$$w_2(y_p) = \begin{cases} 0, & |y_p| < H_2/2 \\ 1, & |y_p| \geq H_2/2 \end{cases}$$

La Figura 12c ilustra un dispositivo 22 para delimitar el campo visual de los medios de detección 21 sustancialmente a la luz solamente dispersa 8 según una realización de la invención. La abertura 24 se forma como dos rectángulos espaciados entre sí, la longitud L a lo largo del eje  $x_p$  es preferiblemente tal que se usa la longitud total d del área activa de los medios de conversión 25, el espaciado  $H_2$  a lo largo del eje  $y_p$  entre los dos rectángulos siendo sustancialmente proporcional a la altura  $K_2$  del componente de la imagen 3' en  $P^2$ , dicho componente corresponde a la luz directamente reemitida 7. Dicho espaciado bloqueará el paso de la parte media de la imagen 3' formada. Como se muestra, entre otras, en las Figuras 10 y 11, dicho componente corresponde a la parte media de la imagen 3' formada. Debido a la magnificación provista por los medios de enfoque 21 al menos en la dirección  $y_p$ , la dimensión  $K_2$  de dicho componente de luz directamente reemitida 7 se puede extender. Por lo tanto, la dimensión  $K_2$  del componente de luz directamente reemitida en la imagen 3' puede diferir del diámetro del haz de luz de exploración 14. El espaciado  $H_2$  entre los dos rectángulos que constituyen la abertura 24 puede, por consiguiente, encontrarse en un rango que permite optimizaciones de fabricación del diafragma. Las alturas  $H_3$  y  $H_4$  se eligen preferiblemente para que sean sustancialmente proporcionales a las alturas  $K_3$  y  $K_4$  de las partes externas de la imagen 3', correspondiendo dichas partes al componente relacionado con la luz dispersa 8. Debido a la magnificación provista por los medios de enfoque 21 al menos en la dirección  $y_p$ , las dimensiones  $K_3$  y  $K_4$  de dicho componente disperso 8 se pueden extender. Por lo tanto, las dimensiones  $H_3$  y  $H_4$  de las ventanas que permiten el paso de solamente el componente disperso 8 de la imagen 3' pueden, por consiguiente, encontrarse en un rango que permite las optimizaciones de fabricación del diafragma. La función de ventana característica se convierte entonces en

$$w_3(y_p) = \begin{cases} 0, & |y_p| < H_2/2 \\ 1, & H_3/2 \geq |y_p| \geq H_2/2 \\ 0, & |y_p| > H_3/2 \end{cases}$$

40 suponiendo que  $H_3 = H_4$ .

Los dispositivos 22 diferentes a los diafragmas se pueden usar para determinar el campo visual de los medios de detección 20. Uno puede, por ejemplo, seleccionar la magnificación de los medios de enfoque 21 de modo que los medios de detección 20 son sensibles solo a la luz predominantemente reemitida de manera directa 7. Dado que los medios de enfoque 21 proveen magnificación al menos en la dirección  $y_p$ , la altura  $K_2$  de la parte interna de la

imagen 3' correspondiente a la luz directamente reemitida 7 puede aumentar de modo que las partes externas de la imagen 3' correspondientes a la luz dispersa 8 se dirigen además corriente abajo fuera del área activa de los medios de conversión 25. Por lo tanto, dichas partes externas no se pueden convertir por los medios de conversión 25 y se obtiene una señal eléctrica representativa de la luz predominantemente reemitida de forma directa solamente 7.

- 5 La función de ventana característica  $w$  puede tomar otras formas aparte de las dadas más arriba. Por ejemplo, una función gaussiana a lo largo de  $y_p$  puede ser apropiada también, asimismo otras funciones de ventana se pueden personalizar para la aplicación a mano, como puede apreciar una persona con experiencia en la técnica.

10 Cuando se clasifican productos, las señales eléctricas se generan de forma proporcional a la luz predominantemente reemitida de forma directa 7, luz dispersa 8, luz transmitida o cualquier luz que se origina a partir del producto explorado 3 y recogida y recibida 5 posteriormente por los medios de detección 20. Dichas señales eléctricas se pueden procesar de forma separada, p.ej., amplificada. De manera opcional, se generan señales eléctricas que son una combinación de cualquiera de las señales de luz de más arriba. Un sistema de inspección 1 según cualquiera de las reivindicaciones puede, por consiguiente, comprender además medios de conversión 25 para convertir la luz detectada 5 en una señal eléctrica. De manera opcional, un conducto luminoso o una pequeña lente de enfoque (no se muestra) se posiciona entre el dispositivo delimitador 22 y los medios de conversión 25 para guiar o dirigir la luz hacia dichos medios de conversión 25.

20 Preferiblemente, la señal eléctrica analógica de los medios de conversión se transforma en una señal digital usando convertidores analógicos-digitales conocidos. Como se establece más arriba, un sistema de inspección 1 según cualquiera de las realizaciones puede además comprender circuitos de control en comunicación funcional con los medios de detección 20 para recibir dichas señales eléctricas. Los circuitos de control generan entonces señales de control basadas en señales eléctricas individuales o una combinación de cualquiera de dichas señales eléctricas. Cualquier función matemática se puede aplicar a las señales eléctricas usando circuitos electrónicos conocidos y equipo de procesamiento de datos electrónicos. Las señales se pueden manipular por los circuitos de control, p.ej. mediante suma, resta, multiplicación u otro procesamiento de cualquier manera conocida.

25 Dado que la luz 5 recibida por los medios de detección 20 no pasa por los medios de exploración 21, la cantidad de luz que pueden recibir los medios de detección 20 puede ser más alta o el ruido puede ser más bajo que en los sistemas de inspección previos mediante el uso de una rueda poligonal giratoria. Los medios de conversión 25 pueden ser cualquier medio de conversión de alta eficiencia usados en sistemas de inspección de la técnica anterior como, por ejemplo, un dispositivo fotoeléctrico o tubo fotomultiplicador. Dado que los medios de detección 20 se pueden ajustar para aumentar la cantidad de luz recibida 5 por los medios de detección 20 independientes de los medios de exploración 10, también los medios de conversión 25 menos eficientes como, por ejemplo, diodos avalancha, se pueden usar para convertir las señales ópticas en señales eléctricas. Los medios de conversión 25 pueden ser un dispositivo de carga acoplada como, por ejemplo, una cámara CCD o un sensor de imagen CMOS que funcionan a tasas de exploración suficientes cuando hay suficiente luz disponible.

35 Mediante el uso de un medio de conversión 25 que comprende una matriz de píxeles o elementos sensibles a la luz individualmente direccionables, uno tiene la ventaja de delimitar el campo visual de los medios de detección 20 solamente seleccionando y leyendo dichos píxeles correspondientes al componente de luz predominantemente reemitida de forma directa 7, al componente de luz dispersa 8 o a ambos componentes de la imagen 3' formada por los medios de enfoque 21 en  $P^2$ . De manera alternativa, dicha matriz de píxeles permite una definición flexible del elemento delimitador 22 implementado en software o hardware, más concretamente una implementación algorítmica de la función de ventana característica  $w$ .

45 La Figura 13 muestra una vista superior (superior), una vista lateral a lo largo de la sección A-A (media) y una vista frontal a lo largo de la sección B-B (inferior) de un medio de detección 20 según una realización preferida que comprende una lente cilíndrica como medio de enfoque 21 que enfoca y magnifica los haces de luz entrantes 5 solamente en la dirección  $y_p$ , un dispositivo de diafragma 22 que tiene una abertura tipo hendidura 24 para delimitar el campo visual de los medios de detección 20 a la luz predominantemente reemitida de forma directa 7 solamente, el dispositivo de diafragma 22 posicionándose entre los medios de enfoque 21 y los medios de conversión 25 y un dispositivo fotoeléctrico 25 para convertir el componente representativo de la luz directamente reemitida 7 en una señal eléctrica. La Figura 13 ilustra la abertura longitudinal 24 del diafragma 22 y el área activa de los medios de conversión 25 se alinean con la dirección  $x_p$  a lo largo de la línea de exploración proyectada  $S_p$  en  $P^2$  y se extienden ya sea porque durante el uso el objeto 3 se proyecta como una imagen en líneas a lo largo de dicha dirección  $x_p$  o porque se mueve durante la exploración a lo largo de dicha dirección  $x_p$ . Dicha dirección  $x_p$  ocurre a lo largo del meridiano de eje y la dirección  $y_p$  a lo largo del meridiano de potencia de dicha lente cilíndrica 23. Una persona con experiencia en la técnica apreciará que dichas realizaciones similares caen dentro del alcance de la invención, como, por ejemplo, aquellas que tienen diferentes campos visuales, diferentes medios de conversión 25, diferentes configuraciones ópticas para mejorar la relación señal/ruido, aberraciones esféricas y cromáticas o curvatura de campo, etc.

La Figura 14 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas de un método para inspeccionar un flujo de productos 2 usando un haz de luz concentrado 14 según las realizaciones de la invención. Un haz de luz concentrado 14 provisto por los medios de exploración 10 se emite sobre el flujo de productos 2 para explorar objetos 3 allí contenidos. Tras la exploración, la luz se reemitirá directamente 7' y/o dispersará 8' mediante los objetos explorados 3. Parte de la luz directamente reemitida 7' y la luz dispersa 8' se recibirá por los medios de detección 20 que se posicionan para recibir luz que retorna del flujo de productos 2 explorado, a saber, luz 5 que no se ha dirigido hacia los medios de exploración 10. La luz recibida 5 se enfoca entonces para proveer una imagen 3' en el plano  $P^2$ , dicha imagen 3' siendo una imagen en líneas o una imagen en movimiento a lo largo de la línea de exploración proyectada  $S_p$ . La imagen 3' se filtra espacialmente en  $P^2$  por un filtro caracterizado por una función de ventana  $w$  dependiente solamente de la dirección  $y_p$  perpendicular a dicha línea de exploración proyectada  $S_p$ . Según dicha imagen filtrada, se provee una señal eléctrica representativa del componente de luz predominantemente reemitida de forma directa 7, el componente de luz dispersa 8 o ambos componentes en la imagen original. Dicha señal eléctrica se puede usar entonces para generar señales de control para controlar la clasificación de los objetos explorados 3 desde el flujo de productos 2.

El sistema de inspección 1 y el método según cualquiera de las realizaciones son de uso particular en un aparato para clasificar productos. Un aparato de clasificación puede contener más de un sistema de inspección según la invención. Dicho aparato de clasificación se conoce en la técnica. Normalmente, un aparato de clasificación comprende un sistema de suministro para transportar y guiar productos 3 al sistema de inspección 1 para la inspección de aquellos. El aparato de clasificación puede además comprender un sistema de eliminación para eliminar después de la inspección productos rechazados u objetos no deseados del flujo de productos 2.

Dicho sistema de transporte y guía puede comprender un transportador, una tabla vibradora o agitador para transportar los productos, un conducto inclinado 31 para guiar la caída libre de los productos hacia el sistema de inspección. En la técnica se conoce que se usa aire comprimido para eliminar productos del flujo de productos. El sistema de eliminación entonces comprende múltiples boquillas para soplar aire comprimido hacia los productos rechazados cuando pasa frente a una de dichas boquillas. De manera alternativa, se pueden usar dedos o solapas para expulsar objetos no deseados del flujo de productos 2 como sabe una persona con experiencia en la técnica.

Por consiguiente, es ventajoso equipar un aparato de clasificación con un sistema de inspección según cualquier reivindicación de la invención dado que el rendimiento general del aparato de clasificación se puede mejorar de manera significativa, p.ej., gracias a la configuración flexible del sistema de inspección y mediante la optimización independiente de los medios de detección y los medios de exploración.

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de inspección (1) para inspeccionar objetos inapropiados o irregulares en un flujo de productos (2) que se suministran en un flujo continuo hacia dicho sistema de inspección (1), el sistema comprende:

5 medios para explorar (10) el flujo de productos (2) a lo largo de una línea de exploración (S), dichos medios de exploración (10) comprenden al menos una fuente luminosa (11) equipada con un medio de enfoque (26) para dirigir un haz de luz de exploración concentrado (14) a lo largo de dicha línea de exploración (S); el haz de luz (14) impacta en objetos (3, 4) en el flujo de productos (2) y produce un primer componente de luz que se origina a partir del punto de impacto cuyo componente corresponde a la luz directamente reemitida (7') y un segundo componente de luz desde un área que rodea el punto de impacto de dicho haz de luz (14) cuyo componente corresponde a la luz dispersa (8'); y

medios (20) para detectar haces de luz (5,6) que provienen del flujo de productos (2) tras la exploración, cuyos medios de detección (20) generan una señal eléctrica proporcional a los haces de luz detectados (5,6), caracterizados por que dichos medios de detección (20) comprenden:

15 un medio de enfoque (21) que es un sistema de lentes convergentes que define un plano de imagen ( $P^2$ ) en el cual se forma una imagen espacialmente enfocada (3', 4') de los objetos (3, 4) del flujo de productos (2), dichos medios de enfoque (21) se adaptan para enfocar dicha imagen (3', 4') en al menos una dimensión, los medios de detección (20) se orientan hacia dicha línea de exploración (S) de modo que los puntos en dicha línea de exploración (S) forman una línea de exploración proyectada ( $S_p$ ) a lo largo del meridiano de eje ( $x_p$ ) en dicho plano de imagen ( $P^2$ ), la imagen espacialmente enfocada (3',4') de los objetos formándose a lo largo de dicha línea de exploración proyectada ( $S_p$ ),

20 y por que dichos medios de detección (20) comprenden además medios de filtrado (22) que funcionan en el plano de imagen ( $P^2$ ), los medios de filtrado (22) seleccionándose del grupo de:

25 un medio de filtrado espacial (22) que tiene una abertura alargada (24) sustancialmente configurada como un rectángulo, la altura ( $H_2$ ) de aquella a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo sustancialmente igual a la altura del componente (7) de la imagen (3', 4') representativa de la luz directamente reemitida (7') por la cual los medios de detección (20) se hacen sensibles a la luz predominantemente reemitida de forma directa solamente (7') que proviene del punto de impacto de dicho haz de luz de exploración (14), y

30 un medio de filtrado espacial (22) que tiene dos aberturas alargadas (24) sustancialmente configuradas como rectángulos espaciados entre sí, la altura ( $H_2$ ) de dicho espaciado a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo sustancialmente igual a la altura del componente (7) de la imagen (3', 4') representativa de la luz directamente reemitida (7'), y las alturas ( $H_3$ ,  $H_4$ ) de las aberturas (24) a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo sustancialmente iguales a la altura del componente (8) relacionado con la luz dispersa (8'), por lo cual el paso de la luz directamente reemitida (7') se bloquea y los medios de detección (20) se hacen sensibles a la luz predominantemente dispersa solamente (8') que proviene de un área que rodea el punto de impacto de dicho haz de luz (14) en dichos objetos (3, 4).

35 2. El sistema de inspección según la reivindicación 1, en donde los medios de detección (20) además comprenden un medio de filtrado espacial (22) que tiene una abertura alargada (24) sustancialmente configurada como un rectángulo, la altura ( $H_1$ ) de aquella a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo sustancialmente igual a o mayor que la altura de dicha imagen (3', 4'), por lo cual los medios de detección (20) se hacen sensibles tanto a la luz directamente reemitida (7') como a la luz dispersa (8').

3. El sistema de inspección según la reivindicación 1, en donde dicha fuente luminosa (11) es un generador de haces de láser que emiten luz concentrada sobre dicha línea de exploración (S).

4. El sistema de inspección según la reivindicación 1, en donde dichos medios de exploración (10) comprenden medios (13) para dirigir un haz de luz (12) a lo largo de dicha línea de exploración (S), cuyos medios de exploración (10) son, preferiblemente, un espejo poligonal polifacético.

5. El sistema de inspección según la reivindicación 1, en donde dichos medios de exploración (10) comprenden una matriz de fuentes luminosas (11) que dirigen, de forma secuencial o permanente, haces de luz (14) a lo largo de dicha línea de exploración (S).

50 6. El sistema de inspección según la reivindicación 1, en donde dichos medios de exploración (10) comprenden más de una fuente luminosa (11,11') con diferentes longitudes de onda.

7. El sistema de inspección según la reivindicación 1, en donde los medios de enfoque (26) de dichos medios de exploración (10) comprenden al menos un dispositivo óptico seleccionado de una lente, un proyector, un dispositivo de malla reticular o colimación para generar una lámina estática de luz concentrada (14).

8. El sistema de inspección según la reivindicación 1, en donde dichos medios de filtrado espacial (22) son un dispositivo de diafragma posicionado en dicho plano de imagen ( $P^2$ ) y tienen una abertura tipo hendidura (24), o mapa de bits almacenado en una memoria o una implementación de software.
- 5 9. El sistema de inspección de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde al menos un medio de detección (20) y los medios de exploración (10) se ubican en lados opuestos respecto al flujo de productos (2) de modo que la detección se dirige dependiendo de la luz transmitida a través de dicho flujo de productos (2).
10. El sistema de inspección de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde al menos uno de los medios de detección (20) se ubica en el mismo lado y al menos uno de los medios de detección (20) se ubica en el lado opuesto con dichos medios de exploración (10) de modo que la detección se lleva a cabo dependiendo de una combinación de luz reflejada desde dicho flujo de productos (2) y luz transmitida a través de dicho flujo de productos (2).
- 10 11. El sistema de inspección según la reivindicación 1, en donde dichos medios de detección (20) además comprenden medios de conversión (25) para convertir los haces de luz detectados (5,6) en una señal eléctrica.
- 15 12. El sistema de inspección según la reivindicación 11, en donde dichos medios de conversión (25) se seleccionan del grupo de dispositivos fotoeléctricos, diodos fotomultiplicadores, diodos avalancha, matrices de tubos fotomultiplicadores, dispositivos de carga acoplada, chips de cámara CCD y sensores de imagen CMOS.
13. Un aparato de clasificación para detectar y eliminar objetos inapropiados o irregulares en un flujo de productos (2) que se proveen en un flujo continuo, dicho aparato comprende:
- un sistema de inspección (1) que comprende;
- 20 medios para explorar (10) el flujo de productos (2) a lo largo de una línea de exploración (S), dichos medios de exploración (10) comprenden al menos una fuente luminosa (11) equipada con un medio de enfoque (26) para dirigir un haz de luz de exploración concentrada (14) a lo largo de dicha línea de exploración (S); el haz de luz (14) impacta en objetos (3, 4) en el flujo de productos (2) y produce un primer componente de luz que se origina a partir del punto de impacto cuyo componente corresponde a la luz directamente reemitida (7') y un segundo componente de luz desde un área que rodea el punto de impacto de dicho haz de luz (14) cuyo componente corresponde a la luz dispersa (8'); y
- 25 medios (20) para detectar haces de luz (5,6) que provienen del flujo de productos (2) tras la exploración, cuyos medios de detección (20) generan una señal eléctrica proporcional a los haces de luz detectados (5,6),
- un sistema de suministro para transportar el flujo de productos (2) hacia dicho sistema de inspección (1),
- 30 un circuito de control que procesa las señales eléctricas a partir de los medios de detección (20) de dicho sistema de inspección (1) y que convierte dichas señales en una señal de control correspondiente, y
- una unidad de eliminación que funciona según las señales de control de dicho circuito de control,
- caracterizado por que dichos medios de detección (20) comprenden:
- 35 un medio de enfoque (21) que es un sistema de lentes convergentes que definen un plano de imagen ( $P^2$ ) en el cual se forma una imagen espacialmente enfocada (3', 4') de los objetos (3, 4) del flujo de productos (2), dichos medios de enfoque (21) se adaptan para enfocar dicha imagen (3', 4') en al menos una dimensión, los medios de detección (20) se orientan hacia dicha línea de exploración (S) de modo que los puntos en dicha línea de exploración (S) forman una línea de exploración proyectada ( $S_p$ ) a lo largo del meridiano de eje ( $x_p$ ) en dicho plano de imagen ( $P^2$ ), la imagen espacialmente enfocada (3',4') de los objetos formándose a lo largo de dicha línea de exploración proyectada ( $S_p$ )
- 40 y por que dichos medios de detección (20) comprenden además medios de filtrado (22) que funcionan en el plano de imagen ( $P^2$ ), los medios de filtrado (22) seleccionándose del grupo de:
- un medio de filtrado espacial (22) que tiene una abertura alargada (24) sustancialmente configurada como un rectángulo, la altura ( $H_2$ ) de aquella a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo sustancialmente igual a la altura del componente (7) de la imagen (3', 4') representativa de luz directamente reemitida (7') por la cual los medios de detección (20) se hacen sensibles a la luz predominantemente reemitida de forma directa solamente (7') que proviene del punto de impacto de dicho haz de luz de exploración (14), y
- 45 un medio de filtrado espacial (22) que tiene dos aberturas alargadas (24) sustancialmente configuradas como rectángulos espaciados entre sí, la altura ( $H_2$ ) de dicho espaciado a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo sustancialmente igual a la altura del componente (7) de la imagen (3', 4') representativa de la luz directamente reemitida (7'), y las alturas ( $H_3$ ,  $H_4$ ) de las aberturas (24) a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo
- 50

sustancialmente iguales a la altura del componente (8) relacionado con la luz dispersa (8'), por lo cual el paso de la luz directamente reemitida (7') se bloquea y los medios de detección (20) se hacen sensibles a la luz predominantemente dispersa solamente (8') que proviene de un área que rodea el punto de impacto de dicho haz de luz (14) en dichos objetos (3, 4).

- 5 14. El aparato de clasificación según la reivindicación 13, en donde los medios de detección (20) además comprenden un medio de filtrado espacial (22) que tiene una abertura alargada (24) sustancialmente configurada como un rectángulo, la altura ( $H_1$ ) de aquella a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo sustancialmente igual a o mayor que la altura de dicha imagen (3', 4'), por lo cual los medios de detección (20) se hacen sensibles tanto a la luz directamente reemitida (7') como a la luz dispersa (8').
- 10 15. El aparato de clasificación según la reivindicación 13, en donde el circuito de control se configura para recibir dichas señales eléctricas y generar una señal de control dependiendo de las señales eléctricas representativas de la luz directamente reemitida (7') y las luces dispersas (8'), la luz predominantemente reemitida de forma directa solamente (7'), luz solo dispersa (8'), o combinaciones de ellas.
- 15 16. El aparato de clasificación de la reivindicación 13, en donde dicha unidad de eliminación es una matriz de eyectores de aire que funcionan con las señales de control de dichos circuitos de control.
17. Un método para inspeccionar y clasificar objetos en un flujo de productos (2) que se provee en un flujo continuo, el método comprende las etapas de:
- 20 a) explorar el flujo de productos (2) a lo largo de una línea de exploración (S), dicha línea de exploración (S) formándose por al menos una fuente luminosa (11) que dirige una luz concentrada (14) a lo largo de dicha línea de exploración (S),
- b) enfocar los haces de luz (5,6) reemitidos por el flujo de productos (2) en al menos una dimensión y obtener una matriz lineal de imágenes individuales (3', 4') en un plano de imagen ( $P^2$ ) de modo que los puntos en dicha línea de exploración (S) forman una línea de exploración proyectada ( $S_p$ ) a lo largo de la dirección del meridiano del eje  $x_p$  en dicho plano de imagen ( $P^2$ ),
- 25 c) filtrar espacialmente dicha imagen (3', 4') ubicada sustancialmente en el plano de imagen ( $P^2$ ) con un medio de filtrado espacial (22) seleccionado del grupo de:
- un medio de filtrado espacial (22) que tiene una abertura alargada (24) sustancialmente configurada como un rectángulo, la altura ( $H_2$ ) de aquella a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo sustancialmente igual a la altura del componente (7) de la imagen (3', 4') representativa de luz directamente reemitida (7') por la cual se permite el paso de la luz predominantemente reemitida de forma directa solamente (7'), y
- 30 un medio de filtrado espacial (22) que tiene dos aberturas alargadas (24) sustancialmente configuradas como rectángulos espaciados entre sí, la altura ( $H_2$ ) de dicho espaciado a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo sustancialmente igual a la altura del componente (7) de la imagen (3', 4') representativa de la luz directamente reemitida (7'), y las alturas ( $H_3$ ,  $H_4$ ) de las aberturas (24) a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo
- 35 sustancialmente iguales a la altura del componente (8) relacionado con la luz dispersa (8'), por lo cual se bloquea el paso de la luz directamente reemitida (7') y se permite el paso de la luz predominantemente dispersa solamente (8'),
- d) obtener señales ópticas recibidas de la imagen filtrada (3', 4') y generar señales eléctricas representativas tanto de la luz directamente reemitida (7) como de la luz dispersa (8) y/o de la luz predominantemente reemitida de forma directa solamente (7) y/o de la luz dispersa solamente (8),
- 40 e) recibir las señales eléctricas de la etapa previa y generar señales de control basadas en la luz directamente reemitida (7) y la luz dispersa (8), la luz predominantemente reemitida de forma directa solamente (7), la luz dispersa solamente (8) o combinaciones de ellas, y
- f) eliminar objetos no deseados o irregulares según las señales de control de la etapa previa mediante una unidad de eliminación.
- 45 18. El método según la reivindicación 17, en donde dicha imagen (3', 4') se filtra además con un medio de filtrado espacial (22) que tiene una abertura alargada (24) sustancialmente configurada como un rectángulo, la altura ( $H_1$ ) de aquella a lo largo de su meridiano de potencia ( $y_p$ ) siendo sustancialmente igual a o mayor que la altura de dicha imagen (3', 4') por lo cual se permiten los pasos de la luz directamente reemitida (7') y de la luz dispersa (8').
- 50 19. El método según la reivindicación 17, en donde dicha luz predominantemente reemitida de forma directa (7') y luz dispersa (8') son las luces transmitidas por el flujo de productos (2) en caso de que los medios de filtrado (22) y la fuente luminosa (11) se ubiquen en lados opuestos respecto al flujo de productos (2).

20. El método según la reivindicación 17, en donde la clasificación de objetos inapropiados se lleva a cabo según el color, estructura o combinación de ellos.

21. El método según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 20, en donde el método comprende explorar el flujo de productos (2) con al menos dos fuentes luminosas (11, 11') que tienen diferentes longitudes de onda.

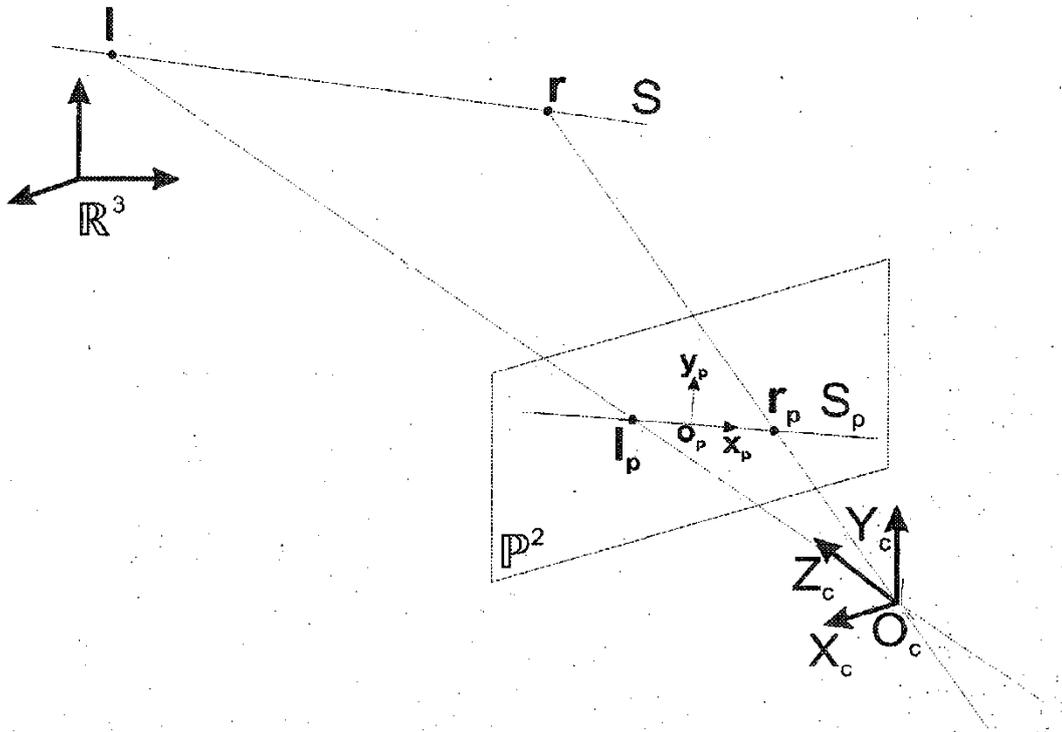


Fig. 1a

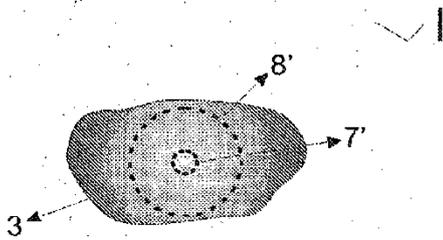


Fig. 1b

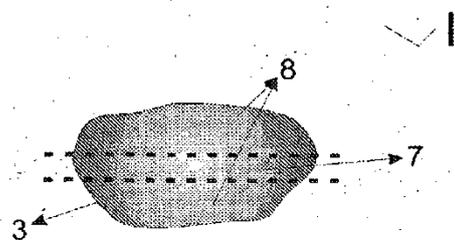


Fig. 1c

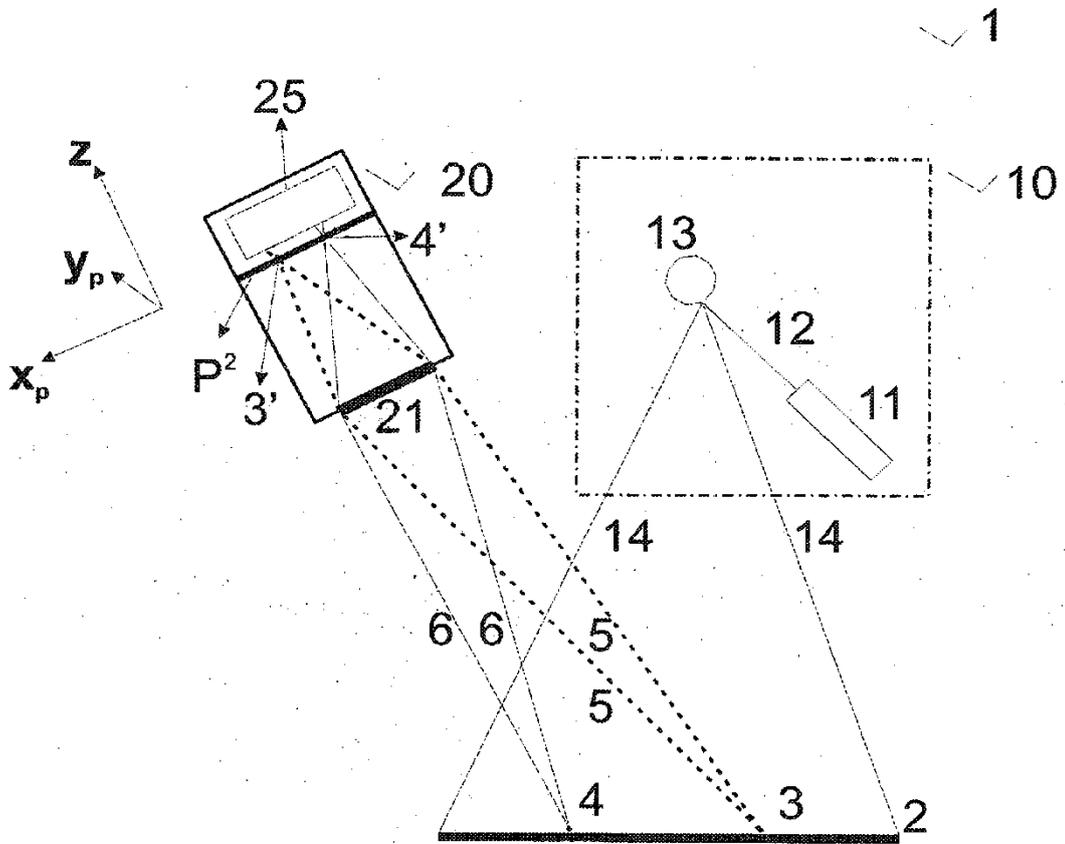


Fig. 2

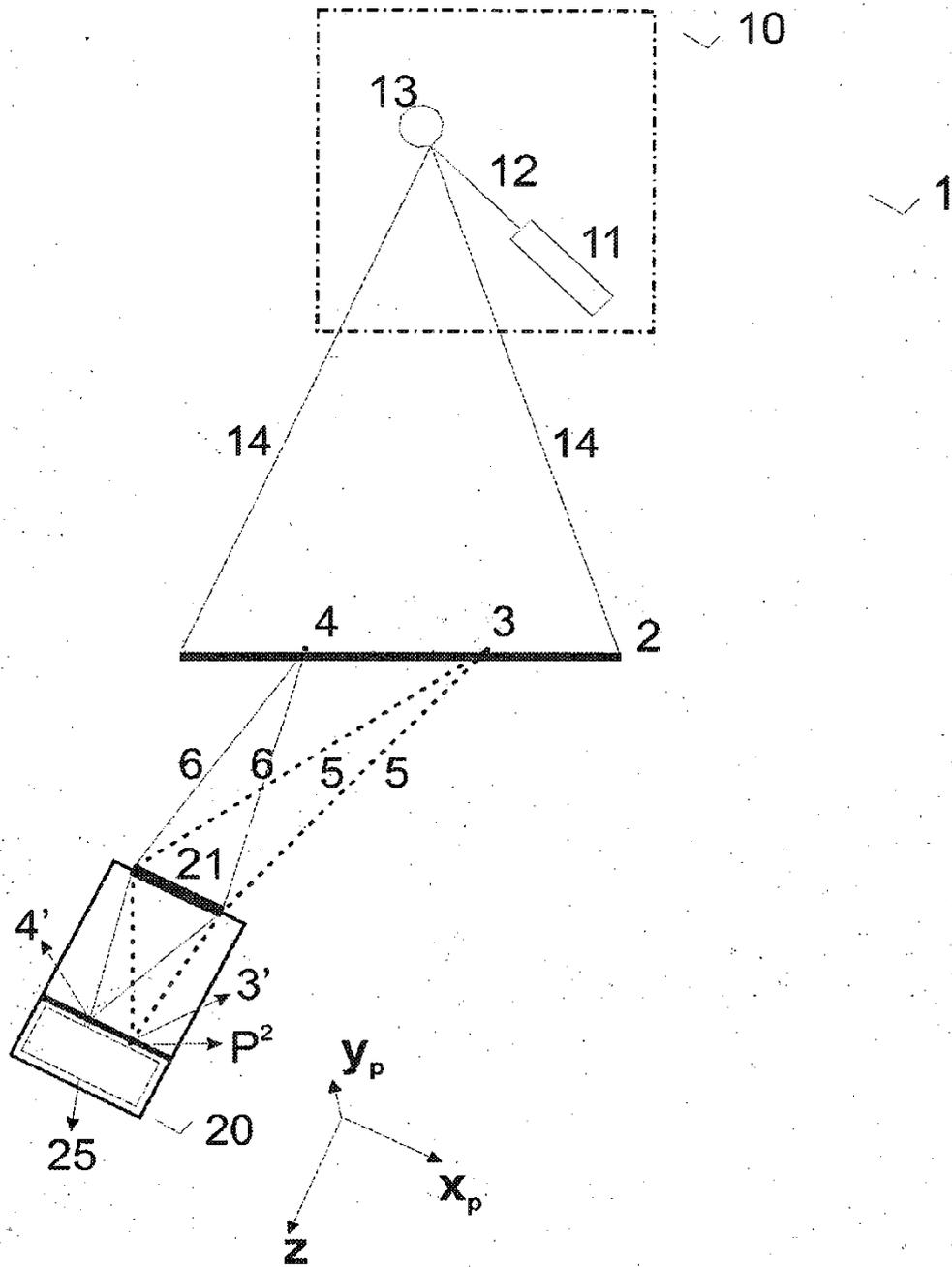


Fig. 3

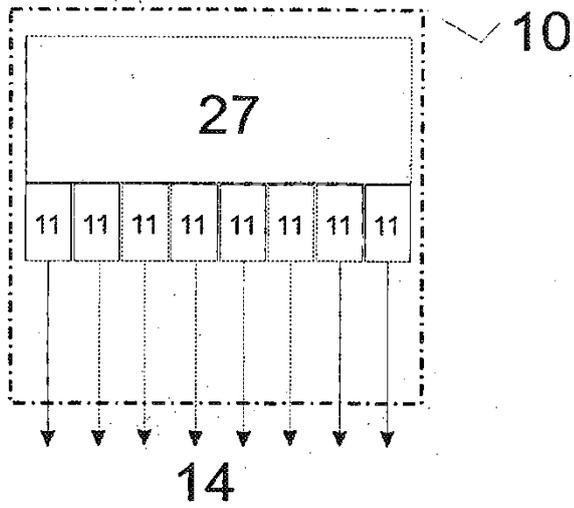


Fig. 4a

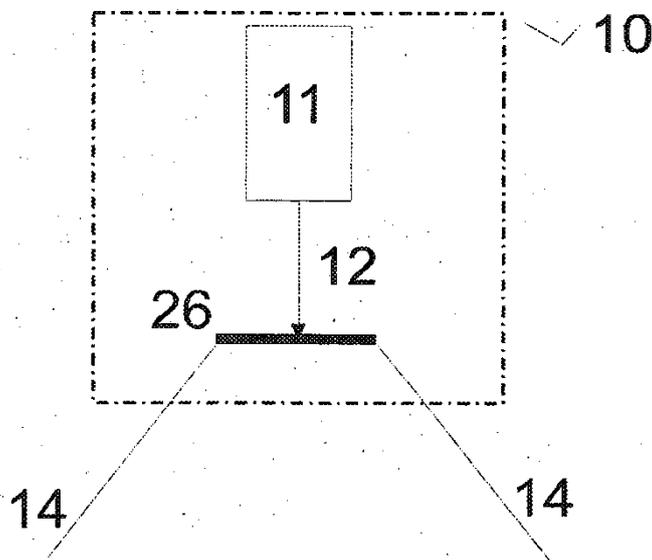


Fig. 4b

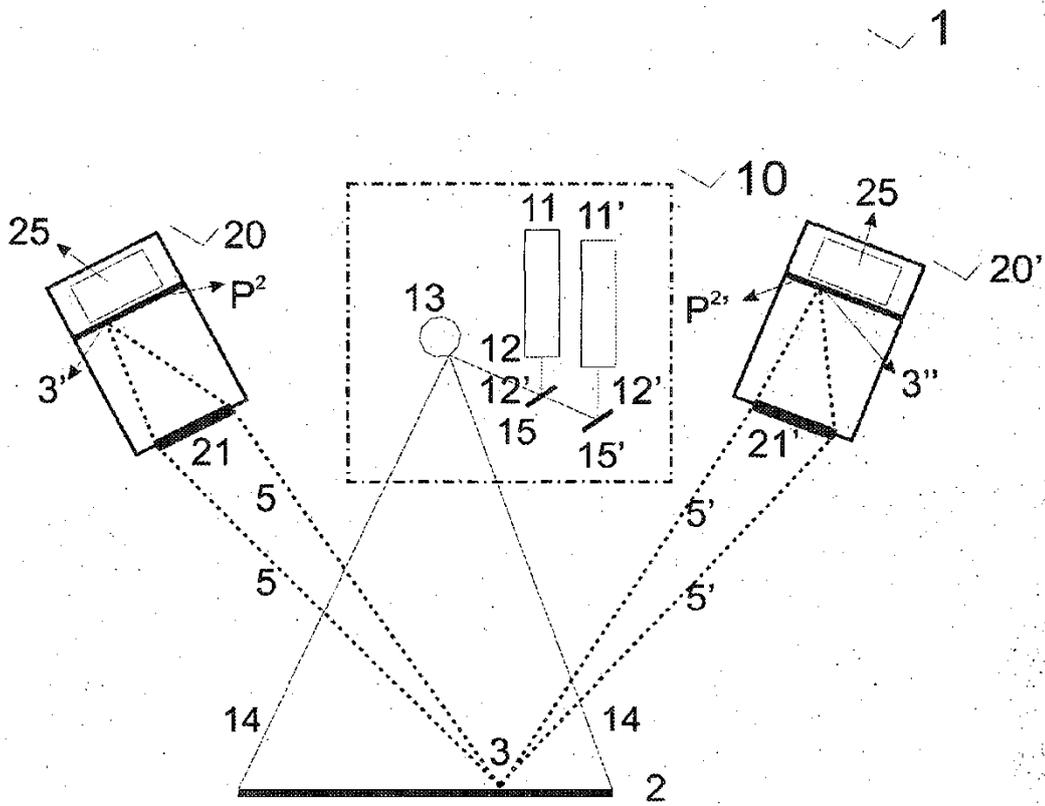


Fig. 5

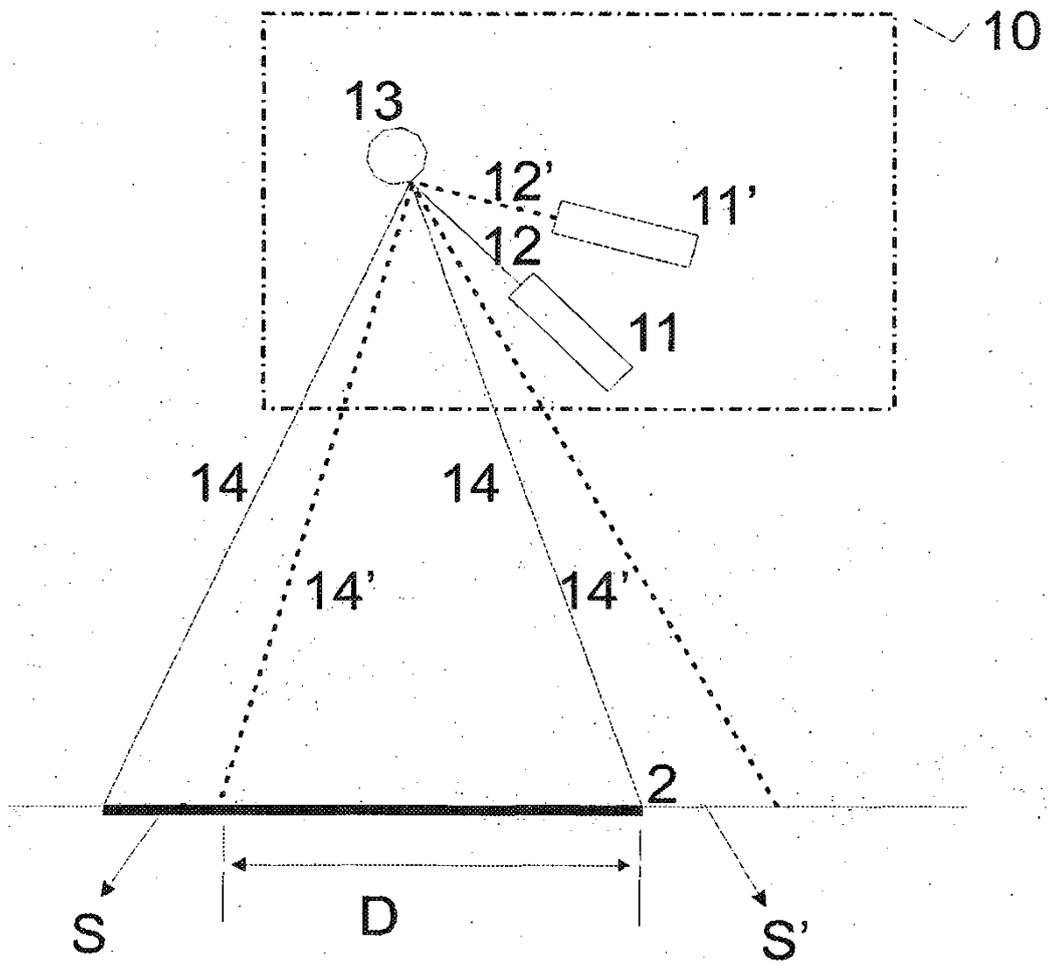


Fig. 6

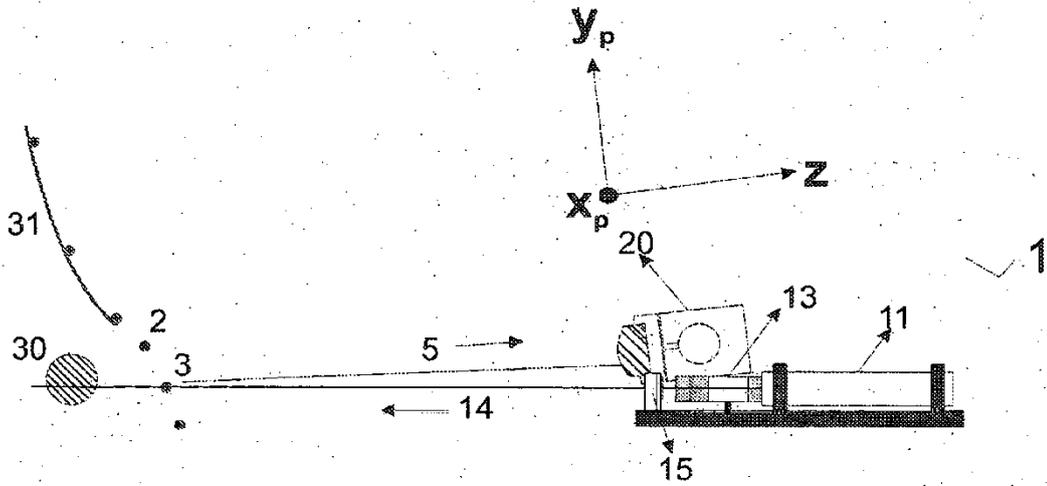


Fig. 7

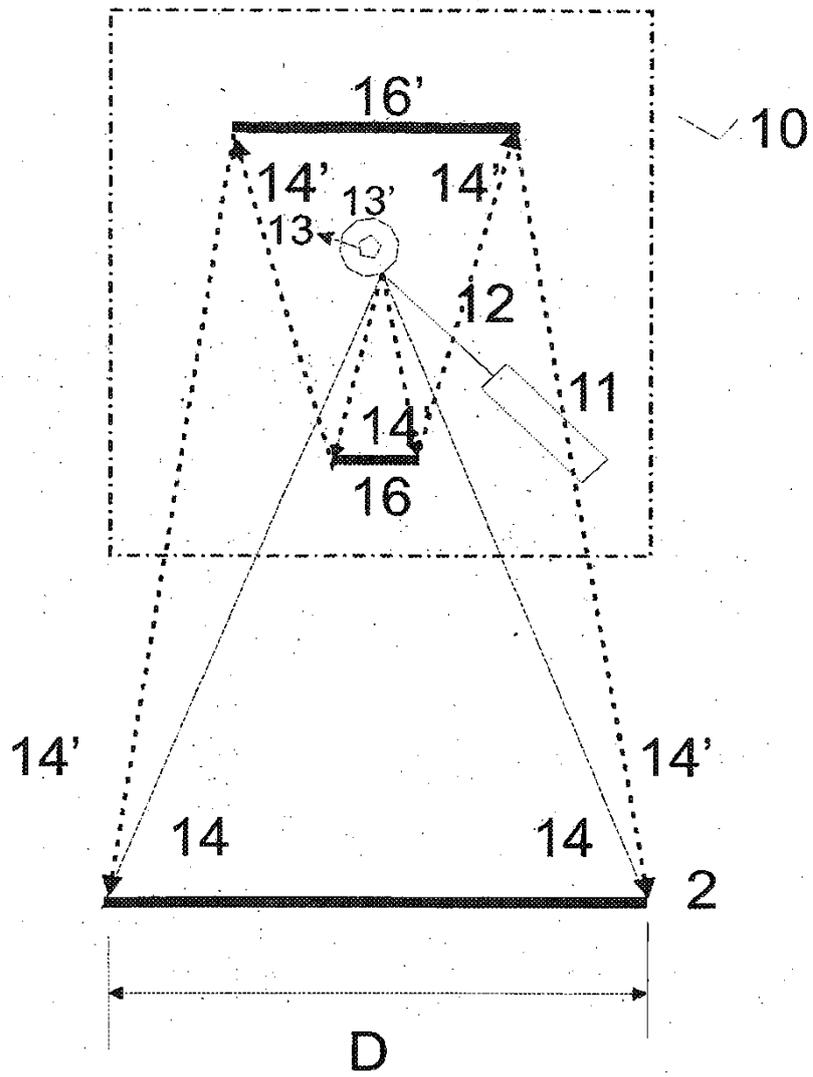


Fig. 8

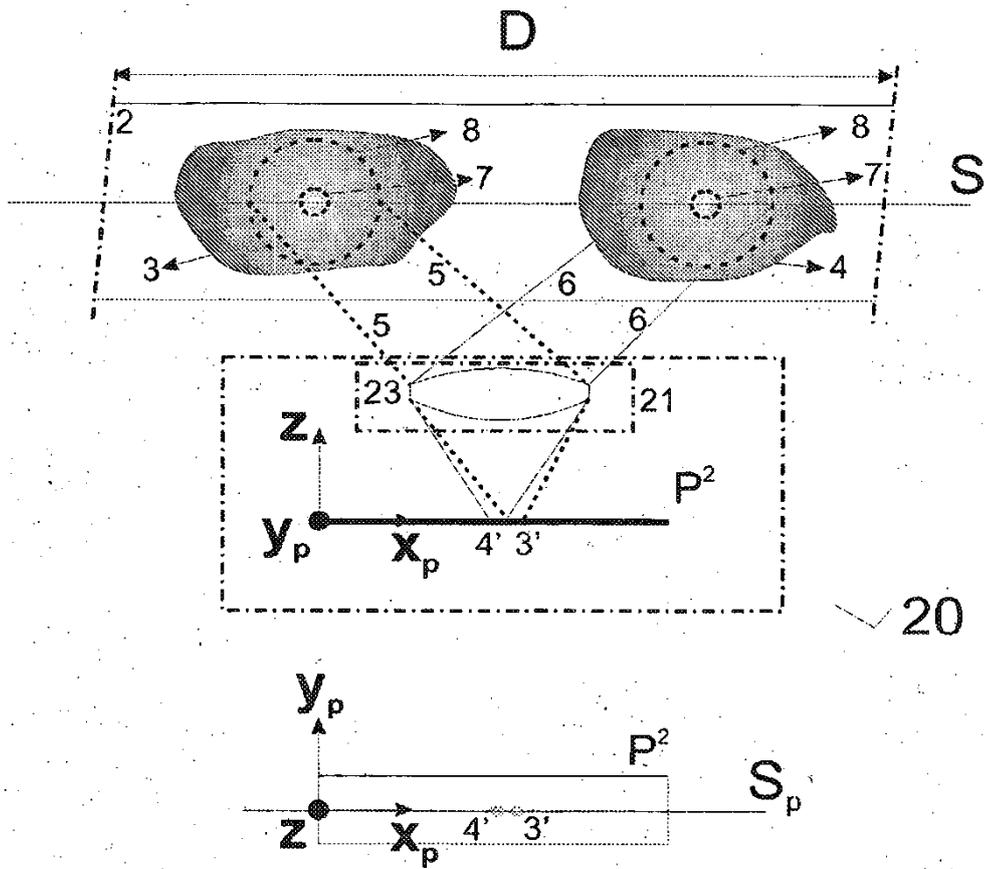


Fig. 9

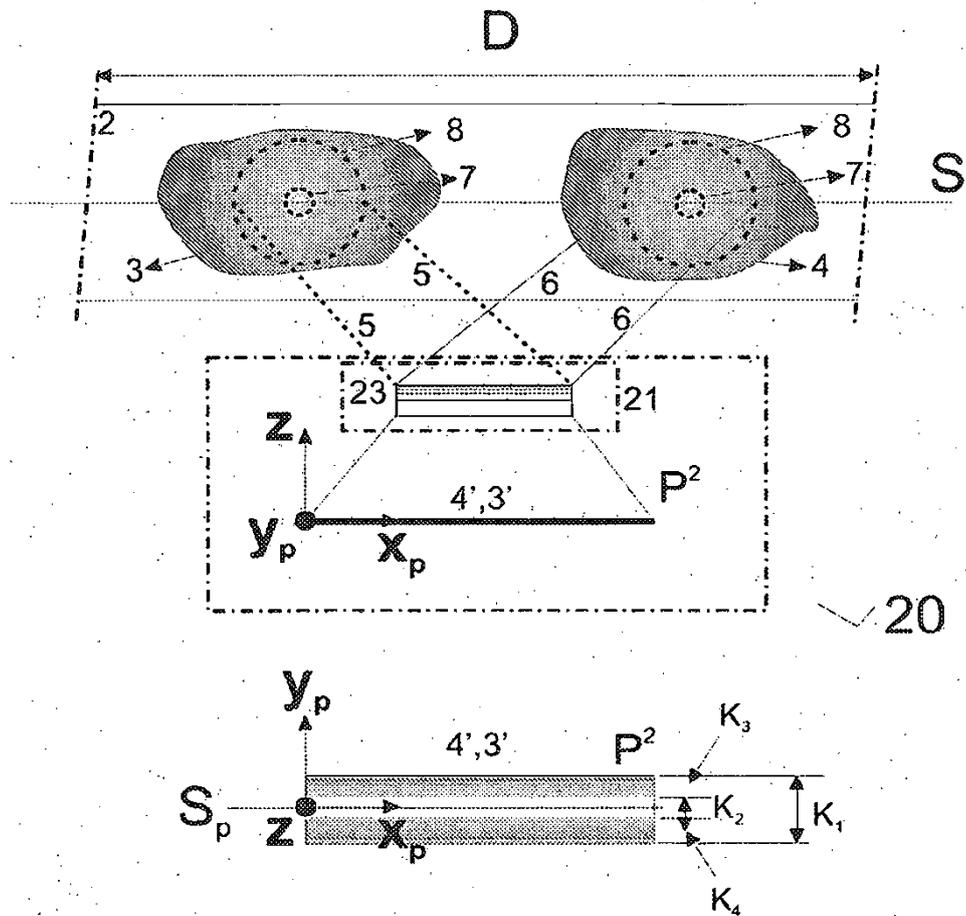


Fig. 10

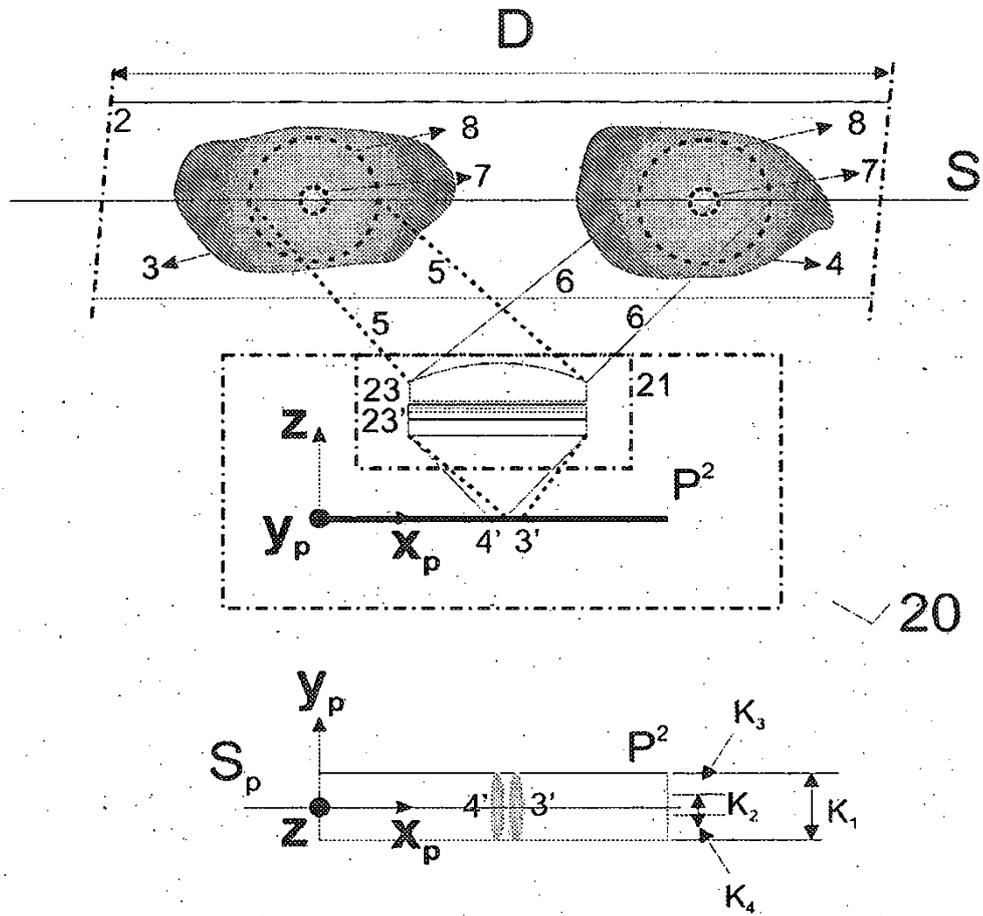


Fig. 11

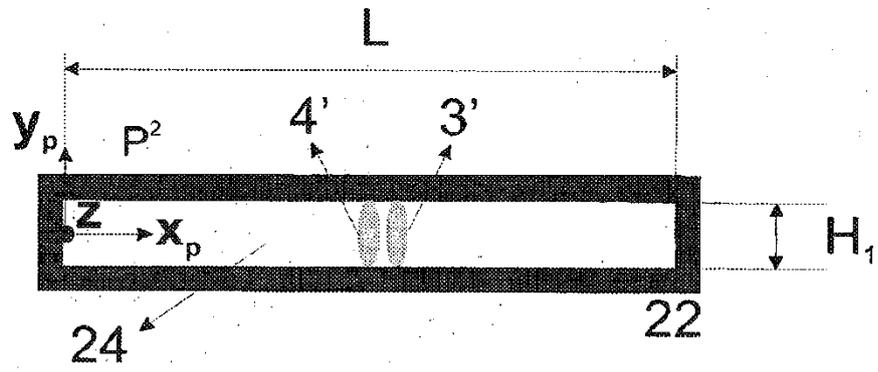


Fig. 12a

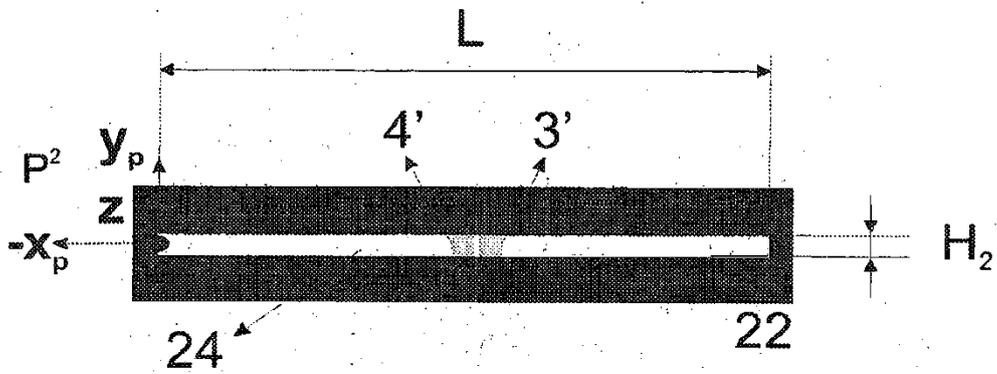


Fig. 12b

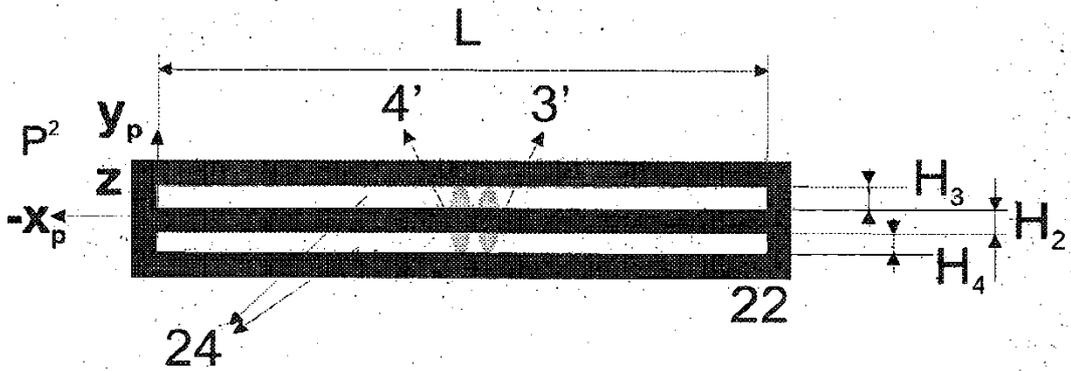


Fig. 12c

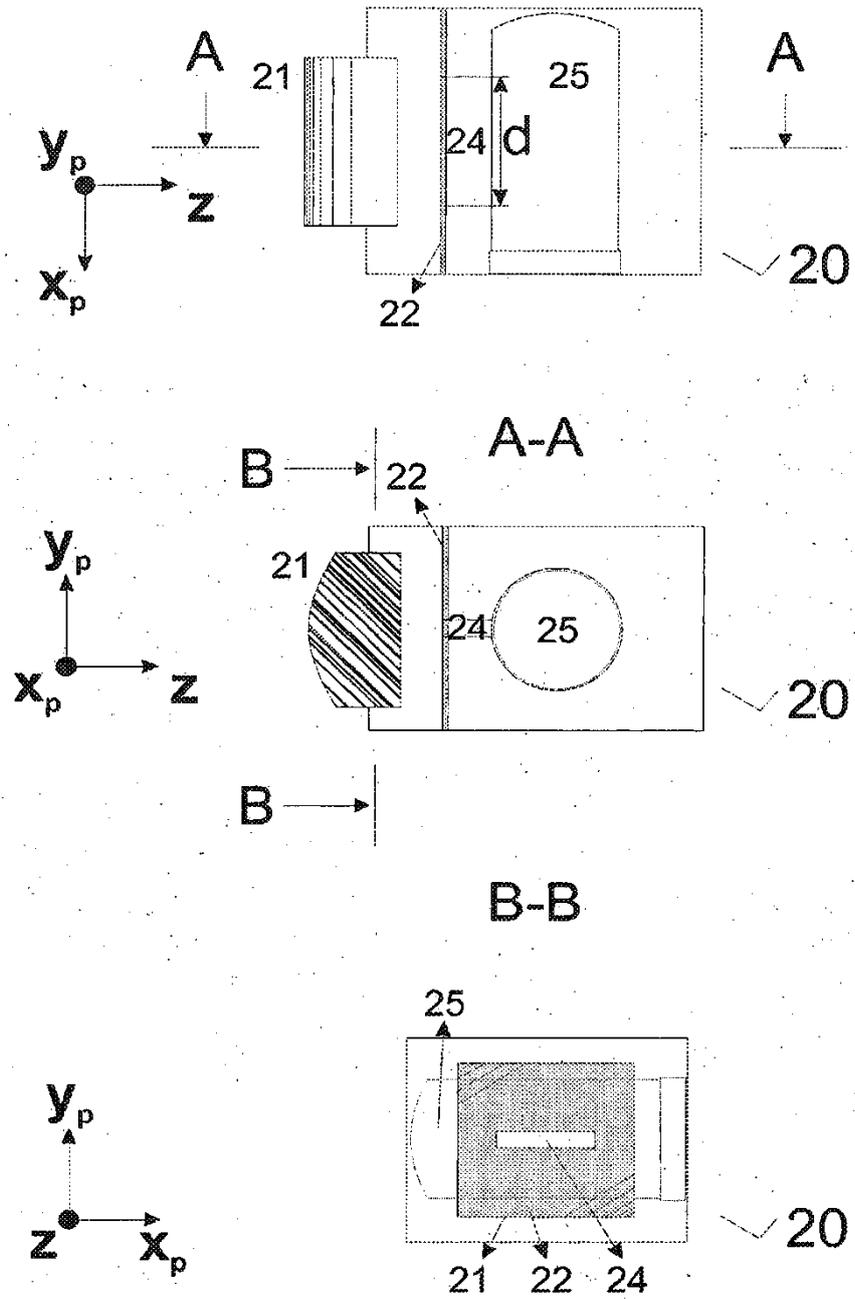


Fig. 13

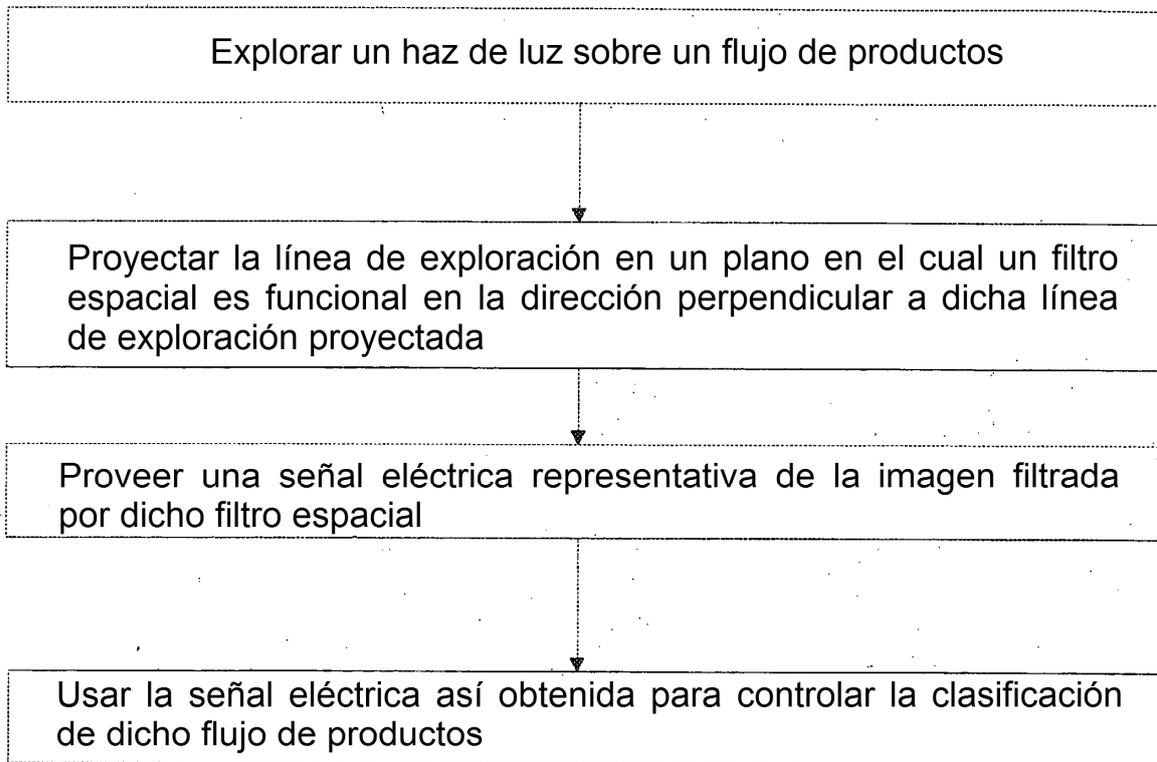


Fig. 14