

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 187**

51 Int. Cl.:

B07C 5/342 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.02.2017 PCT/FR2017/050432**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.09.2017 WO17149230**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2017 E 17712201 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 3423202**

54 Título: **Máquina y procedimiento de inspección de objetos que se desplazan en flujo**

30 Prioridad:

01.03.2016 FR 1651728

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

20.10.2020

73 Titular/es:

**PELLENC SELECTIVE TECHNOLOGIES
(SOCIETE ANONYME) (100.0%)
125 rue François Gernelle ZAC Saint Martin
84120 Pertuis, FR**

72 Inventor/es:

**BOURELY, ANTOINE y
LE CORRE, GWÉNAËLE**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 788 187 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

Máquina y procedimiento de inspección de objetos que se desplazan en flujo

5 La presente invención concierne al ámbito de la caracterización automática, y eventualmente de la calificación, de la clasificación, de evaluación o de la identificación de objetos o de artículos, o de partes de estos últimos, que se desplazan en flujo, en forma de elementos individuales y separados o de un producto en una sola pieza que se desplazan sobre un plano de transporte. La caracterización no destructiva es realizada por análisis de radiaciones luminosas reflejadas por los objetos, artículos o productos sometidos a radiaciones incidentes correspondientes. Una aplicación ventajosa, pero no limitativa, de este tipo de tecnología denominada de "clasificación óptica" es la clasificación de residuos domésticos, colectivos o industriales, en particular de envases domésticos reciclables.

10 En este contexto, la invención propone una máquina y un procedimiento de inspección mejorados para realizar una caracterización automática.

Se conocen ya numerosas realizaciones de máquinas y de procedimientos de clasificación óptica, comercializadas y puestas en práctica.

15 En lo que concierne en primer lugar a la naturaleza de las radiaciones incidentes o de inspección utilizadas, conviene indicar que la tecnología considerada y puesta en práctica se basa en la emisión de radiaciones no coherentes y de amplio espectro. Por lo tanto, las máquinas y sistemas tenidos en cuenta en el estado de la técnica utilizan todos fuentes de iluminación térmica de tipo tungsteno-halógeno, denominados simplemente "halógenos", y no láseres o diodos electroluminiscentes. Los halógenos tienen una composición espectral controlada, que solo depende de la temperatura de color, y su espectro cubre bien los ámbitos principales de la clasificación óptica: de 400 nm a 2500
20 nm. Los otros sistemas, y en particular los láseres, hacen posible un excelente control de la geometría de iluminación, pero son netamente más caros y más complejos de controlar, lo que los convierte en soluciones poco utilizadas para la clasificación óptica.

25 En un clasificador óptico, los órganos de detección y de iluminación están situados normalmente a distancias importantes de los flujos que haya que clasificar, de 300 mm a 2 000 mm. En efecto, la experiencia muestra que 300 mm es la altura necesaria del corredor de paso de un flujo de residuos que haya que clasificar, si se quieren evitar los riesgos de obstrucción (atascamiento de objetos en la máquina, lo que activa una alerta bloqueante y una parada de la clasificación). En cuanto a las grandes dimensiones (hasta 2 000 metros), estas corresponden a la necesidad de escanear con un solo dispositivo una gran anchura de transportador.

30 La noción de balance óptico es por tanto importante para asegurar una buena relación entre señal y ruido, y por tanto una buena detección en tiempo real.

Para mejorar el balance, una solución evidente puede consistir en maximizar la proporción de fotones emitidos que sirven efectivamente para la detección, lo que se podría denominar "la eficacia fotónica".

35 En esta perspectiva, la coincidencia de las zonas de detección y de las zonas de iluminación es la que aparece como la solución óptima: todos los fotones captados desde la línea de iluminación son recogidos y explotados por los sensores, y los propios sensores son utilizados en toda su superficie.

Sin embargo, la mayoría de los sistemas conocidos no se aproximan a dicha coincidencia, en particular debido a la dificultad de su puesta en práctica, habida cuenta especialmente de las tolerancias de fabricación y de utilización.

40 La arquitectura tradicional de los clasificadores ópticos conocidos utiliza iluminaciones difusas que presentan un ángulo importante con el plano de detección. Estos se emplean porque son fáciles de realizar y presentan una buena variedad de orientaciones para la iluminación de los objetos, lo que es favorable.

Sin embargo, se enfrentan al problema de la profundidad de campo, para poder analizar los objetos de un cierto grosor. Es necesario por tanto iluminar no solamente la línea de detección a nivel de la cinta, sino también todas las líneas de detección situadas en el plano de detección y por encima de la cinta. Esto implica que a cada altura, una pequeña proporción de la zona iluminada esté en el campo de los sensores.

45 Para la eficacia fotónica, parece más interesante una iluminación móvil, tal como la descrita en la solicitud de patente WO 2013/115650 A1, puesto que la iluminación es en este caso direccional, móvil y coaxial con la detección. Este montaje asegura por principio una buena sobriedad energética, puesto que en todo momento solo se ilumina la proximidad del pixel en curso de análisis.

50 Sin embargo, en este montaje conocido, la iluminación es igualmente desbordante. Los haces de dos lámparas, focalizados por una simple lente y enviados por un espejo poligonal, dan a nivel de la cinta un punto de diámetro próximo a 8 cm, ampliamente mayor que el pixel. Además, la iluminación móvil coaxial presenta un inconveniente mayor que limita su interés: en objetos transparentes, como bolsas o botellas de plástico, se reenvía muy poca señal a 180° de la dirección de iluminación, lo que compromete completamente la calidad de la detección.

De modo más general, cualquier montaje de iluminación móvil, basado en una fuente incoherente como una lámpara halógena, tiene grandes dificultades para concentrar la luz en una zona reducida, por consiguiente para mejorar el balance óptico.

- 5 Solo los montajes de fibra óptica conducen a un buen confinamiento de la iluminación, pero solamente a algunos milímetros de la escena, lo que les hace inutilizables en clasificación óptica. En esta categoría, se encuentran los sistemas de detección SRS, o Espectroscopia Resuelta Espacialmente.

Entre las iluminaciones fijas que funcionan a gran distancia de la escena, solo las iluminaciones sensiblemente coplanarias con la detección, o colineales (coaxiales), pueden esperar confinar la iluminación. Ahora bien, como se indicó anteriormente, es muy difícil concebir una iluminación colineal de este tipo, que no sea a base de luz coherente.

- 10 La puesta en práctica de una iluminación y de una detección sensiblemente coplanarias está divulgada por el documento EP 1 243 350 y por los documentos comerciales de la solicitante relativos a su gama de máquinas denominada "Mistral".

Además de la disposición práctica concerniente a la coplaneidad, las otras características principales y el modo de funcionamiento de la máquina objeto del documento antes citado se indican en lo que sigue.

- 15 Esta máquina conocida está destinada principalmente a la clasificación óptica de objetos diversos, y especialmente de residuos con miras a su reciclaje.

Los citados objetos que hay que clasificar son extendidos a granel en una capa sobre la cinta transportadora, cuya anchura está comprendida generalmente entre 600 mm y 3 000 mm, y cuya velocidad es fija, y está comprendida entre 2 m/s y 5 m/s.

- 20 Una o varias cabezas ópticas están colocadas una a continuación de otra por encima del transportador e inspeccionan por líneas sucesivas la totalidad de su superficie durante su desplazamiento.

Una iluminación focalizada define un plano de iluminación cuya intersección con la cinta define una línea de iluminación, y concentra la mayoría de la radiación en una zona de iluminación focalizada situada en la proximidad inmediata de la línea de iluminación.

- 25 En cada cabeza óptica, un escáner de tipo espejo oscilante hace escanear un punto de medición de un borde a otro de la parte de la línea de iluminación correspondiente al campo de visión de la cabeza. El período de análisis de una línea, correspondiente a un escaneo transversal, es de algunos milisegundos.

- 30 En todo momento, se visualiza y analiza una sola zona de medición elemental situada en la proximidad del punto escaneado y la superficie de la zona visualizada durante una medición elemental se denomina pixel. El número de pixeles analizados por línea es ajustado en función de la anchura escaneada para llegar a una resolución lateral de algunos milímetros, preferentemente de 5 mm a 10 mm.

La luz recibida del pixel en curso de análisis es reenviada por el escáner a un elemento focalizador e inyectada en fibras ópticas con miras a su transmisión a un espectrómetro para análisis y evaluación.

- 35 La luz recibida del pixel es descompuesta en sus longitudes de onda consecutivas en un espectrómetro de red de difracción y los datos espectrales se utilizan para clasificar los productos con fines de inspección o de clasificación, combinando las informaciones de material y colores extraídas de la señal recuperada.

Para hacer esto, se utilizan dos juegos de fibras ópticas, que llevan la información que haya que tratar y procedente de la señal a diferentes analizadores, a saber:

- un juego de fibras que alimenta un espectrómetro próximo infrarrojo, para determinar la composición química;
- 40 - otro juego de fibras que alimenta un conjunto de sensores para determinar el color gracias a tres fibras correspondientes a los colores de base roja, verde y azul (sistema RVB).

Aunque esta máquina existente, que corresponde sensiblemente al objeto del documento EP 1 243 350 antes citado, es satisfactoria, existe una demanda persistente de mejora de diferentes puntos, a saber.

- una reducción de las necesidades de iluminación;
- 45 - una mejor estabilidad espacial de la zona analizada, que garantice la calidad geométrica de las imágenes globales reconstruidas, así como el control de la tasa de cobertura de la cinta transportadora que forma el plano de transporte;
- una mejor estabilidad espectral de las mediciones a pesar de los defectos relacionados con las tolerancias de fabricación de los dispositivos de análisis, tales como los espectrómetros;

- una combinación optimizada de las informaciones en caso de puesta en práctica de al menos dos dispositivos de análisis distintos.

La presente invención tiene por objetivo esencial mejorar una máquina del tipo divulgado por el documento EP 1 243 350 con miras a responder al menos en parte a la demanda antes citada.

5 A este respecto, la invención tiene por objeto una máquina de inspección automática de objetos individuales, dispuestos sensiblemente en una capa, de un producto superficial en una sola pieza o de productos en partículas repartidos en una capa sensiblemente continua, que se desplazan en flujo sobre un plano de transporte, siendo la citada máquina, por una parte, apta para, y destinada a, realizar una discriminación de los objetos, de los productos o de zonas de un producto superficial, según su composición química y/o su color y comprendiendo, por otra, al menos un puesto de iluminación y al menos un puesto de detección por debajo de los cuales se desplaza el flujo que haya que inspeccionar,

10 comprendiendo especialmente el o cada puesto de iluminación medios de aplicación y de focalización de radiaciones de inspección, procedentes de una o de varias fuentes incoherentes y de amplio espectro, que emiten las citadas radiaciones en dirección al plano de transporte de modo que definen un plano de iluminación, definiendo la intersección del citado plano de iluminación y del plano de transporte una línea de iluminación que se extiende transversalmente a la dirección de desplazamiento del flujo, así como una zona de iluminación focalizada en forma de banda transversal, que se extiende a una y otra parte de la citada línea de iluminación y en el plano de transporte.

15 comprendiendo especialmente el o cada puesto de detección, por una parte, un medio de detección que permite escanear periódicamente cada punto de la línea de iluminación, y que recibe permanentemente las radiaciones reflejadas por una zona de medición elemental o pixel que se extiende alrededor del punto corriente escaneado, definiendo este pixel móvil, en el transcurso del escaneo de la línea de iluminación por el medio de detección, una zona de detección en forma de banda transversal, presentando esta zona una dimensión según un eje perpendicular a la dirección de desplazamiento, correspondiente a la anchura de inspección del puesto de detección, y

20 por otra parte, medios de recogida y de transmisión del haz de radiaciones multiespectrales reflejadas al menos a un dispositivo de análisis, conectado a, o que comprende, un dispositivo de evaluación, aptos para, y destinados a, efectuar un tratamiento de la señal contenida en el pixel y transmitida por los medios de recogida y de transmisión,

máquina caracterizada por que la señal de iluminación focalizada está contenida en la zona de detección en toda la anchura de inspección.

25 La invención se comprenderá mejor, gracias a la descripción que sigue, la cual se refiere a un modo de realización preferido, dado a modo de ejemplo no limitativo, y explicado con referencia a los dibujos esquemáticos anejos, en los cuales:

La figura 1 es una vista parcial esquemática de la máquina según la invención que ilustra más concretamente el puesto de detección;

30 La figura 1A es una vista en corte según un plano perpendicular al plano de transporte y al plano de iluminación del objeto representado en la figura 1;

La figura 1B es una vista similar a la figura 1A pero con una focalización de la iluminación a una distancia dada por encima del plano de transporte;

La figura 2 muestra el detalle de las zonas de iluminación y de detección a nivel del plano de transporte de la máquina según la invención;

35 La figura 3A ilustra un montaje posible de dos espectrómetros que forman parte de una variante del puesto de detección de la máquina de la figura 1 y la figura 3B muestra la combinación optimizada de las zonas de detección a nivel del plano de transporte de estos dos espectrómetros diferentes, según un modo de realización de la invención;

40 La figura 4A muestra las consecuencias de las inestabilidades espaciales de las imágenes obtenidas en caso de iluminación no confinada, mientras que la figura 4B ilustra la estabilidad espacial de las imágenes obtenidas con una máquina según la invención y la figura 4C muestra la situación detallada de la figura 4B;

45 Las figuras 5 y 6 muestran las perturbaciones posibles de los espectros a causa de las imperfecciones ópticas de los espectrómetros que forman parte del puesto de detección según la invención, habiendo sido ampliamente exageradas estas perturbaciones para la comprensión;

50 Las figuras parciales 5A y 5B ilustran el efecto de un descentrado de la zona iluminada en el caso de una iluminación no confinada, mientras que las figuras parciales 6A y 6B ilustran el efecto de este mismo descentrado en el marco de la invención, es decir en el caso de una iluminación confinada.

Las figuras 1 y 1A ilustran en parte una máquina 1 de inspección automática de objetos individuales 2, dispuestos sensiblemente en una capa, de un producto superficial en una sola pieza o de productos en partículas repartidos en una capa sensiblemente continua, que se desplazan en flujo F sobre un plano de transporte 3, siendo la citada máquina 1, por una parte, apta para, y destinada a, realizar una discriminación de los objetos, de los productos o de zonas de un producto superficial según su composición química y/o su color y comprendiendo, por otra, al menos un puesto de iluminación 4 y al menos un puesto de detección 4' por debajo de los cuales se desplaza el flujo F que haya que inspeccionar.

Este o cada puesto de iluminación 4 comprenden especialmente medios 6 de aplicación y de focalización de radiaciones R de inspección, procedentes de una o varias fuentes 5 incoherentes y de amplio espectro, que emiten las citadas radiaciones R en dirección al plano de transporte 3 de modo que definen un plano de iluminación 7, definiendo la intersección del citado plano de iluminación 7 y del citado plano de transporte 3 una línea de iluminación 8 que se extiende transversalmente a la dirección D de desplazamiento del flujo F, así como una zona de iluminación focalizada ZEF en forma de banda transversal, que se extiende a una y otra parte de la citada línea de iluminación 8 y en el plano de transporte 3.

A su vez el o cada puesto de detección 4' comprenden especialmente:

por una parte, un medio 9 de detección que permite escanear periódicamente cada punto de la línea de iluminación 8, y que recibe permanentemente las radiaciones reflejadas por una zona de medición elemental o pixel 10 que se extiende alrededor del punto corriente escaneado, definiendo este pixel 10 móvil, en el transcurso del escaneo de la línea de iluminación 8 por el medio de detección 9, una zona de detección ZD en forma de banda transversal, presentando esta zona ZD una dimensión L según un eje perpendicular a la dirección D de desplazamiento, correspondiente a la anchura de inspección del puesto de detección 4', y

por otra, medios 9, 11 de recogida y de transmisión del haz 12 de radiaciones multiespectrales reflejadas al menos a un dispositivo de adquisición 13, conectado a un dispositivo de análisis 14, aptos para, y destinados a, efectuar un tratamiento de la señal contenida en el pixel 10 y transmitida por los medios de recogida y de transmisión 9, 11.

De acuerdo con la invención, esta máquina 1 está caracterizada por que la zona de iluminación focalizada ZEF está contenida, es decir preferentemente comprendida estrictamente, en la zona de detección ZD en toda la anchura L.

Siempre de acuerdo con la invención, está previsto que el pixel móvil de escaneo 10 presente una extensión determinada en la dirección D del eje de desplazamiento del flujo F, con límites o bordes aguas arriba y aguas abajo 10', y los medios 5, 6 de aplicación y de focalización están configurados para realizar un confinamiento de la iluminación tal que, durante todo el desplazamiento del pixel móvil 10 sobre, o en la proximidad de, el plano de transporte 3, los límites o bordes aguas arriba y aguas abajo de la zona de iluminación ZEF según la dirección D de desplazamiento estén contenidos siempre en el interior de los límites o bordes aguas arriba y aguas abajo 10' del citado pixel 10 en la citada dirección D de desplazamiento.

Gracias a las disposiciones antes citadas de la invención, que van en contra de la iluminación desbordante preconizada por el estado de la técnica, el experto en la materia comprende que además de la reducción de la potencia de iluminación resultante de su puesta en práctica, es igualmente posible garantizar la buena estabilidad espacial y espectral de la zona analizada, así como una obtención fácil de la concordancia entre varios dispositivos de adquisición y de análisis de tipo espectrómetro, como se indica más en detalle en lo que sigue.

Preferentemente, las dos zonas ZEF y ZD están ambas centradas en el plano de iluminación 7, y por consiguiente con respecto a línea de iluminación 8.

Igualmente de acuerdo con una variante constructiva y ventajosa de la invención, que conduce a la supresión de cualquier medio o soporte de transmisión material del haz 12 de radiaciones reflejadas y recogidas, tal como un haz de fibras ópticas puesto en práctica en el estado de la técnica, la forma del pixel móvil de escaneo 10 está determinada por la forma de los sensores o de la disposición de sensores 15 que forman parte del citado al menos un dispositivo 13, 14 de adquisición y de análisis y/o por la forma de la abertura 13' de admisión de radiaciones reflejadas del dispositivo 13 que comprende estos sensores 15, presentando el citado pixel 10 preferentemente una forma rectangular alargada en la dirección D de desplazamiento.

De manera preferida y para conservar una explotación eficiente del dispositivo de análisis, al tiempo que se garanticen las ventajas antes citadas de una iluminación confinada según la invención, está previsto que la zona iluminada 10" del pixel móvil 10 durante su desplazamiento de escaneo a lo largo de la línea de iluminación 8, es decir su superficie común con la zona de iluminación focalizada ZEF, represente menos del 80% de la superficie total del citado pixel 10, y ventajosamente al menos el 30%, preferentemente al menos el 40%, de esta superficie. Se prefiere una tasa comprendida entre el 60% y el 80%, pareciendo ser el 70% un valor sensiblemente óptimo en la mayoría de los casos.

Con miras a optimizar aún más las prestaciones de la máquina en términos de iluminación y de reducir, o incluso suprimir, las interferencias o molestias sobre este aspecto, los medios de aplicación y de focalización comprenden preferentemente medios 6 de reflexión y de confinamiento de las radiaciones procedentes de la o de las fuentes 5, así

como medios 16 de tope de las radiaciones emitidas directamente por esta o estas fuentes hacia el citado plano de transporte 3 y situadas en un sector angular 18 determinado, de modo que la totalidad de las radiaciones R recibidas en el plano de transporte 3 pasen por el medio de focalización 6 y conduzcan a la zona de iluminación focalizada ZEF.

Naturalmente, estos medios 5, 6 y 16 pueden ser unitarios, o modulares, o bien parcialmente modulares y unitarios.

- 5 En función de la naturaleza de la inspección, de la información deseada y/o de los productos/objetos 2 que haya que caracterizar, pueden estar previstos diferentes modos de regulación y de funcionamiento de la máquina 1.

Así, para poder especialmente garantizar una cobertura del 100 % del flujo F en desplazamiento, la frecuencia de escaneo definida por el medio 9 de detección es regulable para poder ser ajustada a la velocidad de desplazamiento del flujo F de tal manera que, durante el escaneo de dos líneas sucesivas, las zonas de iluminación confinada ZEF de cada una de estas líneas iluminen en el plano de transporte 3 en desplazamiento porciones en forma de banda transversales exactamente contiguas en la dirección D de desplazamiento, de manera que se analice al menos una vez cualquier punto del flujo F en desplazamiento.

10

Para una cobertura de inspección diferente del 100 %, a saber inferior o superior a este valor, la frecuencia de escaneo definida por el medio 9 de detección es regulable para poder ser ajustada a la velocidad de desplazamiento del flujo F de tal manera que, durante el escaneo de dos líneas sucesivas, las zonas de iluminación confinada ZEF de cada una de estas líneas iluminen en el plano de transporte 3 en desplazamiento superficies en forma de bandas transversales que estén separadas por una distancia fija y controlada, o bien presenten un recubrimiento en una distancia o con una tasa fija y controlada.

15

De acuerdo con una variante constructiva preferida de la máquina 1, el medio de detección 9 y los medios 9, 11 de recogida y de transmisión forman parte de una misma disposición óptica correspondiente a un puesto de detección 4' y comprenden, por una parte, un espejo escáner 9 y al menos un elemento focalizador 11 y, por otra, configurados para recoger y transmitir la imagen presente en el pixel 10 al menos a un dispositivo 13, 14 de adquisición y de análisis, ventajosamente a través de una abertura de admisión 13' en forma de ranura rectangular.

20

La figura 1 representa solo una parte o un módulo del puesto de iluminación 4 único que facilita una zona de iluminación confinada ZEF preferentemente en toda la anchura del plano de transporte 3. Cuando están previstos varios módulos de iluminación, estos naturalmente están alineados entre sí con empalme en una dirección perpendicular a D.

25

Asimismo, la figura 1 muestra, por simplicidad, solo un puesto de detección 4' de los dos puestos que presenta la máquina 1 representada parcialmente en esta figura 1. El segundo puesto de detección 4', no representado pero idéntico al representado, presenta una zona de detección alineada con empalme con la zona 2D representada y que se extiende sobre la parte transversal restante del plano de transporte 3. Naturalmente, los dos puestos de detección 4' están alineados con el puesto de iluminación 4, o viceversa.

30

Ventajosamente, el espejo escáner 9 es un espejo poligonal de varias caras giratorio, cuya velocidad de rotación es ventajosamente regulable, pudiendo ser el elemento focalizador 11 de tipo refractivo, tal como una lente, o de tipo reflectante, tal como un espejo parabólico fuera del eje.

Aunque la máquina 1 pueda comprender eventualmente solo un dispositivo de adquisición 13 (eventualmente uno por puesto de inspección 4) para el o cada haz 12 (véase la figura 1), la máquina 1 comprende preferentemente al menos dos dispositivos de adquisición 13 distintos, ventajosamente de tipos diferentes, tales como un espectrómetro de tipo NIR para el análisis de las radiaciones infrarrojas próximas y un espectrómetro de tipo VIS para el análisis de las radiaciones visibles, un medio óptico 17 de subdivisión del haz luminoso 12 de las radiaciones reflejadas, que forman la imagen contenida en el pixel móvil de escaneo 10 (definiendo este último la parte útil del citado haz 12), en varios haces secundarios dirigidos cada uno hacia uno de los dispositivos de adquisición 13, por ejemplo de tipo filtro dicróico (véase la figura 3A).

35

40

Mientras que la máquina 1 comprende solo un puesto de iluminación 4, eventualmente con estructura modular, es evidente que la máquina 1 puede comprender un único puesto de detección 4' o varios de dichos puestos, cuyas longitudes L de inspección se suman.

45

En este último caso, el medio de detección 9, los medios 9, 11 de recogida y de transmisión y el citado al menos un dispositivo de adquisición 13 y eventualmente de análisis 14 pueden ser reagrupados en una unidad estructural y funcional que forma una cabeza de detección modular y que corresponde a un puesto de detección 4'.

Además, en caso de pluralidad de puestos de detección 4', cada uno puede comprender dos espectrómetros 13 diferentes.

50

Con el fin de optimizar la iluminación para favorecer la detección y como muestra la figura 1B, los medios de aplicación y de focalización 5, 6 de las radiaciones R en forma de iluminación confinada según la invención pueden estar dispuestos, configurados y dimensionados de tal manera que la línea de focalización de las radiaciones confinadas incidentes R, que forman parte del plano de iluminación 7, esté situada a una distancia H determinada por encima del

plano de transporte 3, pudiendo ser esta distancia especialmente función del tamaño medio de los objetos 2 que haya que inspeccionar o del grosor de la capa de productos en desplazamiento.

Se observará que la proyección según la dirección del plano de detección sobre el plano de transporte 3 de esta línea de focalización corresponde normalmente a la línea de iluminación 8.

- 5 La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de inspección automática de objetos individuales 2, dispuestos sensiblemente en una capa, de un producto superficial en una sola pieza o de productos en partículas repartidos en una capa sensiblemente continua, que se desplazan en flujo F sobre el plano de transporte 3, siendo el citado procedimiento apto para, y destinado a, realizar una discriminación de los objetos, de los productos o de zonas de un producto superficial según su composición química y/o su color y que pone en práctica al menos un puesto de iluminación 4 y al menos un puesto de detección 4' por debajo de los cuales se desplaza el flujo F que haya que inspeccionar.

Este procedimiento consiste esencialmente:

- 15 En emitir, por intermedio de medios 6 de aplicación y de focalización, radiaciones R de inspección, procedentes de una o de varias fuentes 5 incoherentes y de amplio espectro, esto en dirección al plano de transporte 3 de modo que definen un plano de iluminación 7, definiendo la intersección del citado plano de iluminación 7 y del plano de transporte 3 una línea de iluminación 8 que se extiende trasversalmente a la dirección D de desplazamiento del flujo F, y que crea una zona de iluminación focalizada ZEF en forma de banda transversal, que se extiende a una y otra parte de la citada línea de iluminación 8 y en el plano de transporte 3,

- 20 en escanear, con un medio 9 de detección, periódicamente cada punto de la línea de iluminación 8, y recuperar permanentemente las radiaciones reflejadas por una zona de medición elemental o pixel 10 que se extiende alrededor del punto corriente escaneado, definiendo este pixel 10 móvil, en el transcurso del escaneo de la línea de iluminación 8 por el medio de detección 9, una zona de detección ZD en forma de banda transversal, presentando esta zona ZD una dimensión L según un eje perpendicular a la dirección D de desplazamiento, correspondiente a la anchura de inspección.

- 25 en recoger el haz 12 de radiaciones multiespectrales reflejadas y en transmitirle al menos a un dispositivo de adquisición 13, conectado a un dispositivo de análisis 14, por intermedio de medios 9, 11, adaptados, y en efectuar secuencialmente y repetitivamente un tratamiento de la señal contenida en el pixel 10 y transmitida por los medios de recogida y de transmisión 9, 11,

- 30 formando parte los diferentes medios 5, 6, 9, 11, 13, 14 de al menos un puesto de detección 4' o de al menos un puesto de iluminación 4, respectivamente.

Este procedimiento está caracterizado por que, durante el desarrollo de las diferentes etapas operativas antes citadas, la zona de iluminación focalizada ZEF está contenida en la zona de detección ZD en toda la anchura de inspección L.

Preferentemente, el procedimiento antes citado pone en práctica una máquina 1 tal como la descrita anteriormente y detallada en lo que sigue.

- 35 Se expone a continuación una descripción más detallada de la constitución y del funcionamiento de una variante de realización posible de la máquina 1 según la invención y de las ventajas que la misma presenta, en relación con las figuras 1, 1A y 2 a 6.

- 40 Refiriéndose en primer lugar a las figuras 1 y 1A, se observa que la máquina 1 comprende al menos una fuente 5 de luz térmica y multiespectral, por ejemplo un tubo que contiene un elemento de tungsteno-halógeno, que facilita una luz de amplio espectro en los ámbitos visible e infrarrojo próximo. Un reflector 6 asociado a la fuente 5 focaliza todos los rayos que le llegan hacia una línea de iluminación 8 situada en el plano de transporte 3 formado por una cinta transportadora. Como en el documento EP 1 243 350, la forma del reflector 6 es cilíndrico-elíptica, el filamento del tubo 5 está colocado en uno de los focos de la elipse y crea en el foco opuesto una imagen agrandada de este filamento. Este otro foco está situado en la proximidad de la cinta 3. Esta imagen define en la proximidad de la línea 8 una zona de iluminación focalizada ZEF. La zona ZEF está agrandada en el aumento aportado, por ejemplo del orden de 10 a 25, preferentemente del orden de 15 a 20. Si por ejemplo este filamento tiene un diámetro de 1 mm y el aumento es de 18, la altura de la zona ZEF será de 18 mm (se habla de altura para los pixeles e imágenes en vista desde arriba, es decir de su dimensión en la dirección D de desplazamiento de los objetos 2).

- 50 Las señales espectrales contenidas en estas imágenes elementales tratadas sucesivamente son las que contienen las informaciones útiles para la discriminación de los productos u objetos.

Esta altura se mantiene en toda la anchura L de inspección, puesto que no hay desfocalización en el eje transversal de la cinta. Tanto la teoría óptica como las mediciones efectuadas por los inventores confirman que la intensidad de iluminación es sensiblemente homogénea en toda la zona ZEF y que la misma disminuye bruscamente en el borde

alto o bajo de la citada zona ZEF (límites aguas arriba y aguas debajo de esta zona en la dirección D de desplazamiento de la cinta 3 de los objetos 2).

Naturalmente, los medios de aplicación y de focalización pueden presentar una constitución modular con varios conjuntos [tubo 5 + reflector 6] alineados en la dirección transversal de la cinta 3.

5 En la práctica, procede igualmente tener en cuenta la iluminación residual que no pasa por el reflector 6, es decir la iluminación directa, cuya intensidad de iluminación es aproximadamente 100 veces más pequeña en la cinta 3 en la proximidad de la zona ZEF. Es posible ocultar esta iluminación residual por una máscara o una pieza de tope 16 situada en la proximidad del tubo halógeno 5, o incluso sobre el propio tubo. La supresión de la iluminación residual conduce a concentrar la totalidad de las radiaciones R que llegan a la cinta 3 en la zona ZEF.

10 El sistema de detección está, si no estructuralmente, al menos ópticamente, centrado en la línea de iluminación 8. En todo momento, el haz de luz 12 que proviene de una zona elemental 10, denominada pixel y situada en la zona ZEF, en la cual se desplaza en función del movimiento de escaneo del medio 9, por ejemplo un espejo escáner, es captado y redirigido por el citado medio 9. El movimiento giratorio del escáner 9 permite hacer escanear al pixel 10 un amplio campo de detección ZD que se extiende a través de la cinta transportadora 3. El escáner 9 puede ser de tipo espejo
15 oscilante o espejo poligonal.

El haz 12 desviado por el escáner 9 es focalizado por un elemento focalizador 11 hacia la ranura de entrada 13' de al menos un espectrómetro 13. En el interior del espectrómetro 13, la luz es enviada a una red de difracción 13" y repartida según su composición espectral a una barra 15' que comprende varios sensores 15 de tipo fotodiodos. Estos sensores 15 pueden estar especiados regularmente o no en el interior de la barra 15'. La señal recibida por cada sensor 15 es amplificada y digitalizada por una electrónica apropiada (no representada). El espectro constituido por el conjunto de las respuestas de los sensores 15 es analizado en tiempo real por un dispositivo informático 14 que permite calificar la superficie contenida en el pixel 10 en una familia de productos o de objetos 2 que haya que clasificar.
20

Las etapas posteriores opcionales comprenden un tratamiento de agregación y de formación de imágenes globales que reagrupa las imágenes elementales de los pixeles 10 contiguos adquiridas durante los escaneos transversales sucesivos para definir representaciones de objetos 2 homogéneos, cuyas superficie y forma se pueden determinar, y que se pueden elegir rechazar, seleccionar, categorizar o no. Finalmente, en el caso en que el (los) puesto(s) de detección 4' forme(n) parte de una máquina 1 de clasificación, se envían instrucciones de eyección a una barra de electroválvulas de aire comprimido (que forma parte de la máquina pero no representada), situada en el extremo del transportador 3, y que permite así desviar le objeto 2 considerado de su trayectoria de caída natural, sea hacia arriba, o hacia abajo, en un contenedor apropiado.
25
30

Para aligerar las figuras 1 y 1A, no se ha representado tampoco la posible subdivisión del haz de luz 12 en dos componentes NIR (infrarrojo próximo) y VIS (visible), efectuada por un espejo dicroico aguas arriba de los espectrómetros. El espectrómetro 13 representado puede ser por tanto un espectrómetro NIR o un espectrómetro VIS. Una realización posible de dicha subdivisión por medio de un filtro dicroico está representada en la figura 3A. Esta figura ilustra la separación del flujo luminoso en su componente NIR (pasante) y su componente VIS (reflejada). Cada flujo luminoso secundario es focalizado debido a una disposición adecuada de los medios 11 y 17, para pasar por las ranuras de entrada específicas 13' de cada espectrómetro 13.
35

En cualquier momento, en el transcurso de un proceso de inspección, el pixel 10 es la imagen común de todos los sensores 15 sobre la cinta 3.

40 El conjunto de las posiciones sucesivas del pixel 10 móvil durante un ciclo de escaneo de la línea de iluminación 8 transversal constituye la zona de detección ZD. Con un aumento óptico del orden de 20 para el NIR y sensores 15 de 1 mm de altura, la altura (o anchura) de la zona de detección ZD es por tanto de 20 mm, al menos donde la imagen elemental recuperada es neta. Donde la imagen es difusa, la altura es mayor, por ejemplo hasta 23 mm en los lados del campo de visión. Para un pixel VIS con un sensor 15 más grande, por ejemplo 1,5 mm, la altura de la zona ZD es
45 $20 \times 1,5 = 30$ mm para una imagen neta, y hasta 35 mm en los bordes del campo.

Según la invención, la iluminación esta confinada, es decir que la zona ZEF está totalmente comprendida en la zona de detección ZD, lo que implica que la altura de la zona ZEF es inferior a la de la zona ZD. La altura de la zona ZD es variable, por que la fabricación del pixel 10 móvil solo puede ser perfecta para una distancia dada, y la distancia del escáner 9 al plano de transporte 3 es variable.

50 En el caso de una barra de sensores 15 en varias líneas, la barra 15' puede presentar varias líneas de sensores paralelas, por ejemplo dos o cuatro líneas, se las puede considerar como una línea única, cuya altura es mayor. Según la invención, la iluminación, en este caso, es confinada de tal manera que la altura total de las diferentes líneas de sensores superpuestas sea superior a la de la zona ZEF.

La definición anterior solo es estrictamente aplicable en zonas en las que la luz esté focalizada, sea esto para la iluminación o para la imagen de los sensores 15. Esta condición solo se verifica exactamente para una sola distancia, mientras que está previsto detectar objetos y productos 2 que tienen una cierta altura (tamaño) por encima de la cinta
55

3. La iluminación solo está confinada cerca de la cinta 3, ya que el haz de iluminación (radiaciones R incidentes) es mucho más abierto que el haz 12 de detección. En el marco de una realización práctica de la invención tal como está representada, se pueden tener ángulos de apertura total de 20° a 30° para el haz de iluminación R, contra menos de 3° para el haz 12 de detección. La condición solo puede ser respetada sensiblemente hasta algunos centímetros de la distancia focal, típicamente 50 mm. Sin embargo, esta altura es suficiente para el paso de la casi totalidad de un flujo F, sobre todo si las radiaciones R incidentes se focalizan de 10 mm a 20 mm por encima de la cinta 3, es decir a la altura de paso de la mayoría de los objetos o productos 2.
- 5 Para respetar la condición de iluminación confinada según la invención, procede tomar medidas prácticas para considerar tolerancias de regulación y de funcionamiento.
- 10 Por un procedimiento de alineación previa, se alinean en primer lugar las zonas de iluminación ZEF de los diferentes reflectores 6 alineados transversalmente, que cubren conjuntamente la totalidad de la anchura de inspección L, y después las zonas de detección ZD de la o de las disposiciones ópticas 9, 11 que constituyen uno o varios puestos de detección 4'.
- 15 Por ejemplo, la tolerancia sobre la altura de la imagen de los filamentos de los tubos 5 está bien controlada, por ejemplo con +/- 2 mm. Se trata de una tolerancia de regulación: una vez regulada, la línea de iluminación 8 es perfectamente estable en el espacio (preferentemente mejor que el milímetro).
- 20 Hay también una tolerancia sobre la altura (en la dirección D) de la zona analizada ZD, especialmente cuando el escáner 9 es un espejo giratorio poligonal: un valor típico es de +/- 2 mm. La regulación garantiza una fluctuación en este rango durante el funcionamiento. El cambio de cara reflectante del espejo 9 es sobre todo el que crea una oscilación periódica inevitable, especialmente cuando se utilizan caras añadidas sobre un bastidor fijo. Existe una alternativa que consiste en construir el espejo poligonal con una pieza monobloque mecanizada, pero es una solución poco económica.
- Controlando estas tolerancias y su eventual acumulación, el riesgo de que una parte de la altura iluminada no esté en la zona de detección ZD puede ser extremadamente limitado, e incluso eliminado.
- 25 El modo de realización preferido del escáner 9 corresponde a un espejo poligonal controlado a velocidad constante, con un motor controlado a la velocidad deseada (regulable). Si por ejemplo, el espejo 9 efectúa 17 vueltas por segundo y comprende 10 caras, este escanea 170 líneas por segundo, o sea 5,9 ms por línea. Si la cinta avanza a 3 m/s, esta progresa aproximadamente 18 mm en un período. La altura que hay que analizar (dimensión de la banda de iluminación ZEF en la dirección D – zona común con la banda de detección ZD) es por tanto idealmente de 18 mm al menos para no tener agujero de detección. Se puede ajustar la velocidad del espejo 9 para obtener la correspondencia exacta (cobertura al 100% del flujo que se desplaza).
- 30 Esta realización preferida permite gestionar correctamente varias velocidades de avance de la cinta 3, sin perder tasa de cobertura de la cinta: por ejemplo 3 m/s y 4 m/s. Para 4 m/s, basta hacer girar el espejo 9 antes citado aproximadamente a 23,5 vueltas por segundo para una cobertura ideal del 100%.
- 35 Se puede fácilmente extender este razonamiento a otros valores de cobertura, como el 90% (dejando un porcentaje voluntariamente no cubierto) o el 120% (recubrimiento voluntario) si el usuario lo desea. El esquema precedente permite por tanto una gestión flexible.
- La iluminación confinada según la invención presenta numerosas ventajas expuestas a continuación.
- 40 En la figura 2, se ven las posiciones respectivas de la zona ZEF, de la zona de detección ZD y del pixel 10 móvil. La coincidencia de los centros de estas zonas en la línea de iluminación 8, en la práctica, solo es verdadera como media. En cualquier momento, la zona ZEF puede estar ligeramente descentrada, como está indicado.
- Todos los fotones emitidos a partir de la intersección de la zona ZEF y del pixel 10 (ventana de inspección móvil) y dirigidos hacia el elemento focalizador 11 a través del escáner 9 contribuyen a la señal captada. Se reduce así la potencia de iluminación total necesaria en proporciones notables.
- 45 Una iluminación recubridora (correspondencia ZD = ZEF), e incluso desbordante según el estado de la técnica, requeriría tener en cuenta los desenfoques en borde de campo de detección, y también las tolerancias de centrado del espejo escáner 9 durante su rotación. Para iluminar completamente la imagen de los sensores 15 con las hipótesis anteriores, sería necesario entonces una altura de 23 mm en borde de campo, +/- 2 mm de tolerancia, o sea 27 mm en total.
- 50 Así, pasando de 27 mm para una iluminación desbordante a 18 mm para una iluminación confinada, con la misma intensidad local de iluminación, se obtiene una reducción de potencia eléctrica consumida del 33 %. Esta misma reducción se aplica a los riesgos de calentamiento de los objetos 2 o del plano de transporte 3, en caso de parada de la cinta, de la banda de transporte o análoga.

Según la invención, incluso con dos espectrómetros 13 que presenten barras 15' de sensores 15 de alturas diferentes, se tiene en cuenta en todo momento la misma altura, a saber la que está iluminada, haciendo así posible una concordancia exacta y natural entre varios espectrómetros (véase la figura 3B).

5 Esta situación está ilustrada en la figura 3B, que muestra una zona de detección ZD para el NIR y una zona de detección ZD' más grande para el VIS. La luz captada proviene siempre de la región de intersección del pixel 10 con la zona ZEF. Ahora bien, esta región o zona de intersección es exactamente la misma para los dos espectrómetros, NIR y VIS. Con las dimensiones citadas anteriormente, incluso si la imagen del pixel VIS tiene una altura de 30 mm, solo serán útiles efectivamente 20 mm. La experiencia ha demostrado a los inventores la importancia de respetar esta condición para un buen análisis multiplicador del pixel 10, corriendo cualquier defecto de concordancia el riesgo de conducir al rechazo del pixel 10 analizado.

Esta correspondencia natural evita una alineación muy delicada entre las ranuras de entrada 13' de los dos espectrómetros 13 en el mismo montaje óptico. Estas ranuras 13' deberían tener exactamente la misma altura y el mismo centrado si la iluminación no estuviera confinada. En relación con la invención, se pueden utilizar ranuras 13' relativamente altas sin comprometer la correspondencia.

15 Se observa que en los diferentes casos representados en las figuras 4A a 4C, el espectrómetro 13 utilizado comprende dos filas de sensores 15 superpuestos, de modo que se obtienen resoluciones espaciales homogéneas en los dos ejes.

20 Con una buena regulación de las velocidades de rotación del espejo escáner giratorio 9 de varias caras (poligonal) y de la velocidad de la cinta 3, hay una cobertura exacta de la cinta al 100%. Por el contrario, con una iluminación amplia y desbordante según el estado de la técnica, habida cuenta de las tolerancias de puntería del espejo 9 en el eje de desplazamiento (o altura), la zona detectada oscilaría a medida del paso de cada cara del espejo (típicamente de +/- 2 mm), creando recubrimientos o agujeros puntuales. Esta situación está ilustrada en la figura 4A: en esta se han representado tres líneas sucesivas, en el caso en que el espectrómetro comprenda dos filas de sensores 15 superpuestas. Se ve que las dos líneas de sensores de la parte superior presentan un recubrimiento que además es variable y puede llegar a ser importante en borde de campo, mientras que las segunda y tercera líneas presentan entre sí un desvío con un agujero de detección, bien visible en el centro de la zona de campo.

25 Por el contrario, con una detección efectiva limitada por la zona ZEF que es fija, esta oscilación desaparece (la única otra fuente de inestabilidad relacionada con la iluminación sería una velocidad variable de avance de la cinta, pero variaciones tan rápidas de esta velocidad no son verosímiles). Esta situación de acuerdo con la invención está ilustrada en la figura 4B, en la que la construcción de la imagen bidimensional por sucesión de las tres líneas es perfecta (estas están indicadas por ZEF1, ZEF2 y ZEF3).

30 Las consecuencias del descentrado de las zonas ZD de cada línea están ilustradas en la figura 4C, en la que las tres líneas han sido representadas separadamente para claridad. ZEF1 está bien centrada con su zona de detección ZD1, ZEF2 ve su zona de detección ZD2 desplazada hacia arriba y ZEF3 ve por el contrario su zona de detección ZD3 desplazada hacia abajo. En todos los casos, la información de cada pixel 10 proviene de su verdadera posición en el plano de transporte 3 (cinta, banda de transporte), pero las superficies iluminadas relativas vistas por cada sensor 15 varían. Por ejemplo, la línea inferior de sensores 15 en ZD3 recibe menos señal que la línea superior. Por consiguiente, los niveles de señal pueden variar, pero no las posiciones de las que provienen la señales.

Esta estabilidad espacial de la zona analizada proporciona numerosas ventajas citadas en lo que sigue.

40 La ausencia de agujero de detección es el objetivo más natural. Esto puede ser importante para investigar pequeños objetos 2 que necesariamente haya que descartar: por ejemplo fundas de cables eléctricos de PVC durante una clasificación de CSR (combustibles sólidos de recuperación) o escamas no PET en una clasificación de escamas de plástico. En ausencia de iluminación confinada, es obligatorio un recubrimiento sistemático y con una tasa importante para evitar el riesgo de agujeros de detección.

45 Se puede también desear optimizar la tasa de detección de la cinta para aumentar la productividad. Por ejemplo, cuando se sabe que el objeto más pequeño buscado tiene 5 mm de ancho, se puede tolerar un agujero de detección de 2 mm a 3 mm entre dos líneas o bandas de detección ZD sucesivas. El control preciso de la sucesión de estas líneas o bandas permite optimizar este parámetro sin tomar un margen.

50 Si, a la inversa, se desea por seguridad tener un recubrimiento de detección con una tasa de redundancia controlada, por ejemplo para analizar dos veces cada punto, se puede controlar de modo preciso un recubrimiento de mitad entre dos líneas o bandas ZD sucesivas.

55 La perfecta estabilidad de la imagen bidimensional reconstruida por agregación permite un mejor tratamiento de imagen de los objetos 2. La detección de contornos angulosos o redondeados solo es posible si las líneas sucesivas están regularmente espaciadas y las imágenes de los pixeles bien alineadas. Por ejemplo, si se visualiza un objeto redondo, se imagina fácilmente que su aspecto será deformado en la imagen construida a partir de la figura 4A. Por el contrario, su forma será vista bien en la figura 4B.

Como se indica en lo que sigue, la utilización de una iluminación confinada según la invención tiene igualmente una influencia sobre la estabilidad espectral de la zona analizada, especialmente cuando el recubrimiento de las zonas de iluminación y de detección no es perfecto.

5 A este respecto, se puede referir a las figuras 5 y 6 que ilustran las diferentes situaciones (figura 5: sin puesta en práctica de la invención / figuras 6: puesta en práctica de la invención).

La luz incidente se focaliza en la ranura 13', y después se reparte a la red 13", en la que es separada según su composición espectral y refocalizada en la barra 15' que contiene los sensores individuales 15 (no representados). La luz es separada según N Rangos de Longitudes de Onda (denominados en lo que sigue PLO). A modo de ejemplo, en la figura 5 están representadas las imágenes de la ranura 13' para ocho PLO diferentes, indicados por λ_1 a λ_8 .

10 Valiendo uno el aumento óptico del sistema, la imagen de la ranura 13' para un PLO es un rectángulo de iguales dimensiones que la ranura 13', en el caso de una óptica perfecta.

15 Para una buena eficacia del espectrómetro 13, la ranura 13' no debe diafragmar la imagen de los sensores 15, y la misma debe ser al menos tan alta como los sensores 15. Suponiendo que este sea el caso, la parte iluminada en la barra 15' solo depende entonces de la porción iluminada en la ranura 13' de entrada, y esta porción iluminada es una parte de la imagen de la zona ZEF a nivel de la cinta 3, que se puede designar por "ranura iluminada". La misma puede desplazarse durante la rotación del polígono formado por el espejo escáner giratorio 9, o en caso de desregulación del reflector 6. En la figuras 5 y 6 solo está representada la porción iluminada de la ranura 13'.

20 Como cualquier montaje físico, un espectrómetro 13 comprende imperfecciones de origen, de regulación inicial o incluso relacionadas con el envejecimiento, o resultantes de las condiciones de utilización. Se pueden citar especialmente dos, representadas en las figuras 5 y 6.

En razón de una focalización imperfecta, la imagen de la ranura iluminada para un PLO puede presentar una imagen borrosa, y por consiguiente agrandada y o sobresalir de la barra 15'. Este caso está representado por λ_1 , λ_7 y λ_8 .

25 La barra 15' de sensores 15 no es perfectamente paralela a la banda de salida: unas imágenes de PLO son por tanto más altas en un extremo de la banda que en el otro, y los sensores 15 correspondientes corren el riesgo de no ser completamente iluminados. En las figuras 6 y 7 se ha representado una subida de izquierda a derecha de la imagen de las imágenes de los PLO con respecto a la barra 15'.

30 Las consecuencias de este tipo de imperfecciones sobre la estabilidad de los espectros se indican a continuación. Lo que caracteriza a un espectro en el contexto de la invención, no son los valores absolutos de las luminancias, sino proporciones relativas fijas entre los diferentes PLO. En consecuencia, habrá perturbación del espectro cada vez que la respuesta de un PLO es modificada en proporciones diferentes de los otros PLO.

Si la imagen de la ranura iluminada sobresale de un sensor 15, sin sobresalir de los otros sensores 15 en las mismas proporciones, la composición espectral analizada resulta afectada. Este es el caso en la figura 5. Si se compara una situación centrada en la figura 5A con una situación descentrada en la figura 5B, se ve que las respuestas λ_4 y λ_5 no resultan afectadas, que λ_6 , λ_7 y λ_8 ven aumentar su señal, mientras que las señales λ_1 , λ_2 y λ_3 disminuyen.

35 Por el contrario, si la iluminación está bien confinada de acuerdo con la invención, es decir que la imagen de la ranura iluminada en cada sensor 15 no llega a los bordes alto o bajo del citado sensor 15, todos los fotones son captados. En la figura 6 se ve que las respuestas no resultan afectadas entre las situaciones 6A y 6B, a pesar de un descentrado idéntico al representado en la figura 5.

40 Está claro que la iluminación confinada evita afectar a la composición espectral, a condición de que esté confinada en la parte central dada sensor 15, y con márgenes suficientes.

Estos márgenes pueden ser ventajosamente ajustados de tal manera que, al tiempo que se conserve una garantía de realización de las condiciones de estabilidad antes citadas y de compensación de las imperfecciones de fabricación, de construcción y/o de montaje, la zona de inspección (intersección de ZEF y de ZD) no sea demasiado restringida en altura para evitar una disminución de las prestaciones cuantitativas y cualitativas de la máquina 1.

45 Por consiguiente, la previsión según la invención de una línea o zona de iluminación ZEF sensiblemente más estrecha que la línea o zona de detección ZD constituye la configuración más estable para gestionar las imperfecciones debidas a las tolerancias de fabricación e imperfecciones del espectrómetro 13 utilizado para el análisis espectral en el marco de la máquina 1.

50 Naturalmente, la invención no está limitada a los modos de realización descritos y representados, en los dibujos anejos. Siguen siendo posibles modificaciones, especialmente desde el punto de vista de la constitución de los diversos elementos o por sustitución de equivalentes técnicos, sin por ello salirse del ámbito de protección de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Máquina (1) de inspección automática de objetos individuales (2), dispuestos sensiblemente en una capa, de un producto superficial en una sola pieza o de productos en partículas repartidos en una capa sensiblemente continua, que se desplazan en flujo (F) sobre un plano de transporte (3), siendo la citada máquina (1), por una parte, apta para, y destinada a, realizar una discriminación de los objetos, de los productos o de zonas de un producto superficial según su composición química y/o su color y comprendiendo, por otra, al menos un puesto de iluminación (4) y al menos un puesto de detección (4') por debajo de los cuales se desplaza el flujo (F) que haya que inspeccionar,
- comprendiendo el o cada puesto de iluminación (4) medios (6) de aplicación y de focalización de radiaciones (R) de inspección, procedentes de una o de varias fuentes (5) incoherentes y de amplio espectro, que emiten las citadas radiaciones (R) en dirección al plano de transporte (3) de modo que definen un plano de iluminación (7), definiendo la intersección del citado plano de iluminación (7) y del plano de transporte (3) una línea de iluminación (8) que se extiende transversalmente a la dirección (D) de desplazamiento del flujo (F), así como una zona de iluminación focalizada (ZEF) en forma de banda transversal, que se extiende a una y otra parte de la citada línea de iluminación (8) y en el plano de transporte (3),
- compendiendo el o cada puesto de detección (4') especialmente, por una parte, un medio (9) de detección que permite escanear periódicamente cada punto de la línea de iluminación (8), y que recibe permanentemente las radiaciones reflejadas por una zona de medición elemental o pixel (10) móvil que se extiende alrededor del punto corriente escaneado, definiendo este pixel (10) móvil, en el transcurso del escaneo de la línea de iluminación (8) por el medio de detección (9), una zona de detección (ZD) en forma de banda transversal, presentando esta zona (ZD) una dimensión (L) según un eje perpendicular a la dirección (D) de desplazamiento, correspondiente a la anchura de inspección del puesto de detección (4'), y
- por otra, medios (9, 11) de recogida y de transmisión del haz (12) de radiaciones multiespectrales reflejadas al menos a un dispositivo de adquisición (13), conectado a un dispositivo de análisis (14), aptos para, y destinados a, efectuar un tratamiento de la señal contenida en el pixel (10) y transmitida por los medios de recogida y de transmisión (9, 11),
- máquina (1) caracterizada por que la zona de iluminación focalizada (ZEF) está contenida en la zona de detección (ZD) en toda la anchura (L).
2. Máquina según la reivindicación 1, caracterizada por que el pixel móvil de escaneo (10) presenta una extensión determinada en la dirección (D) del eje de desplazamiento del flujo (F), con límites o bordes aguas arriba y aguas abajo (10'), y por que los medios (5, 6) de aplicación y de focalización están configurados para realizar un confinamiento de la iluminación tal que, durante todo el desplazamiento del pixel móvil (10) sobre, o en la proximidad de, el plano de transporte (3), los límites o bordes aguas arriba y aguas abajo de la zona de iluminación (ZEF) según la dirección (D) de desplazamiento están contenidos siempre en el interior de los límites o bordes aguas arriba y aguas abajo (10') del citado pixel (10) en la citada dirección (D) de desplazamiento.
3. Máquina según las reivindicaciones 1 o 2, caracterizada por que la forma del pixel móvil de escaneo (10) está determinada por la forma de los sensores o de la disposición de sensores (15) que forman parte del citado al menos un dispositivo (13, 14) de adquisición y de análisis y/o por la forma de la abertura (13') de admisión de radiaciones reflejadas del dispositivo (13) que comprenden estos sensores (15), presentando el citado pixel (10) preferentemente una forma rectangular alargada en la dirección (D) de desplazamiento.
4. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que la zona iluminada (10") del pixel móvil (10) durante su desplazamiento de escaneo a lo largo de la línea de iluminación (8), es decir su superficie común con la zona de iluminación focalizada (ZEF), representa menos del 80% de la superficie total del citado pixel (10) y ventajosamente al menos el 30%, preferentemente al menos el 40%, de esta superficie.
5. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que los medios de aplicación y de focalización comprenden medios (6) de reflexión y de confinamiento de las radiaciones procedentes de la o de las fuentes (5), así como medios (16) de tope de las radiaciones emitidas directamente por esta o estas fuentes hacia el citado plano de transporte (3) y situadas en un sector angular (18) determinado, de modo que la totalidad de las radiaciones (R) recibidas en el plano de transporte (3) pasan por el medio de focalización (6) y llegan a la zona de iluminación focalizada (ZEF).
6. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que la frecuencia de escaneo definida por el medio (9) de detección es regulable para poder ser ajustada a la velocidad de desplazamiento del flujo (F) de tal manera que, durante el escaneo de dos líneas sucesivas, las zonas de iluminación confinada (ZEF) de cada una de estas líneas iluminan en el plano de transporte (3) en desplazamiento porciones en forma de bandas transversales exactamente contiguas en la dirección (D) de desplazamiento, de manera que analizan al menos una vez cualquier punto del flujo (F) en desplazamiento.
7. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que la frecuencia de escaneo definida por el medio (9) de detección es regulable para poder ser ajustada a la velocidad de desplazamiento del flujo (F) de

tal manera que, durante el escaneo de dos líneas sucesivas, las zonas de iluminación confinada (ZEF) de cada una de estas líneas iluminan en el plano de transporte (3) en desplazamiento superficies en forma de bandas transversales que están separadas por una distancia fija y controlada, o bien presentan un recubrimiento en una distancia o con una tasa fija y controlada.

5 8. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que el medio de detección (9) y los medios (9, 11) de recogida y de transmisión forman parte de una misma disposición óptica correspondiente a un puesto de detección (4') y que comprende, por una parte, un espejo escáner (9) y al menos un elemento focalizador (11) y, por otra, configurado para recoger y transmitir la imagen presentada en el pixel (10) al menos a un dispositivo (13, 14) de adquisición y de análisis, ventajosamente a través de una abertura de admisión (13') en forma de ranura rectangular.

10 9. Máquina según la reivindicación 8, caracterizada por que el espejo escáner (9) es un espejo poligonal de varias caras giratorio, cuya velocidad de rotación es regulable, pudiendo ser el elemento focalizador (11) de tipo refractivo, tal como una lente, o de tipo reflectante, tal como un espejo parabólico fuera del eje.

15 10. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada por que comprende al menos dos dispositivos de adquisición (13) distintos, ventajosamente de tipos diferentes, tales como un espectrómetro de tipo NIR para el análisis de las radiaciones próximas infrarrojas y un espectrómetro de tipo VIS para el análisis de las radiaciones visibles, un medio óptico (17) de subdivisión del haz luminoso (12) de las radiaciones reflejadas, que forma la imagen contenida en el pixel móvil de escaneo (10), en varios haces secundarios dirigidos cada uno hacia uno de los dispositivos de adquisición (13), por ejemplo de tipo filtro dicróico.

20 11. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada por que el medio de detección (9), los medios (9, 11) de recogida y de transmisión y el citado al menos un dispositivo de adquisición (13) y de análisis (14) pueden ser reagrupados en una unidad estructural y funcional que forma una cabeza de detección modular y que corresponde a un puesto de detección (4').

25 12. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por que la línea de focalización de las radiaciones confinadas incidentes (R), que forman parte del plano de iluminación (7), está situada a una distancia (H) determinada por encima del plano de transporte (3), pudiendo ser esta distancia especialmente función del tamaño medio de los objetos (2) que haya que inspeccionar o del grosor de la capa de productos en desplazamiento.

30 13. Procedimiento de inspección automática de objetos individuales (2) dispuestos sensiblemente en una capa, de un producto superficial en una sola pieza o de productos en partículas repartidos en una capa sensiblemente continua, que se desplazan en flujo (F) sobre una plano de transporte (3),

siendo el citado procedimiento apto para, y destinado a, realizar una discriminación de los objetos, de los productos o de zonas de un producto superficial según su composición química y/o su color y que pone en práctica al menos un puesto de iluminación (4) y al menos un puesto de detección (4') por debajo de los cuales pasa el flujo (F) que haya que inspeccionar,

35 consistiendo el citado procedimiento esencialmente:

en emitir, por intermedio de medios (6) de aplicación y de focalización, radiaciones (R) de inspección, procedentes de una o de varias fuentes (5) incoherentes y de amplio espectro, esto en dirección al plano de transporte (3) de modo que definen un plano de iluminación (7), definiendo la intersección del citado plano de iluminación (7) y del plano de transporte (3) una línea de iluminación (8) que se extiende transversalmente a la dirección (D) de desplazamiento del flujo (F), y que crea una zona de iluminación focalizada (ZEF) en forma de banda transversal, que se extiende a una y otra parte de la citada línea de iluminación (8) y en el plano de transporte (3),

40 en escanear, con un medio (9) de detección, periódicamente cada punto de la línea de iluminación (8), y en recuperar permanentemente las radiaciones reflejadas por una zona de medición elemental o pixel (10) que se extienden alrededor del punto corriente escaneado, definiendo este pixel (10) móvil, en el transcurso del escaneo de la línea de iluminación (8) por el medio de detección (9), una zona de detección (ZD) en forma de banda transversal, presentando esta zona (ZD) una dimensión (L) según un eje perpendicular a la dirección (D) de desplazamiento, correspondiente a la anchura de inspección,

en recoger el haz (12) de radiaciones multiespectrales reflejadas y en transmitirle al menos a un dispositivo de adquisición (13), conectado a un dispositivo de análisis (14), por intermedio de medios (9, 11), adaptados, y

50 en efectuar secuencialmente y repetitivamente un tratamiento de la señal contenida en el pixel (10) y transmitida por los medios de recogida y de transmisión (9, 11),

formando parte los diferentes medios (5, 6, 9, 11, 13, 14) de al menos un puesto de iluminación (4) o de al menos un puesto de detección (4'),

procedimiento caracterizado

por que, durante el desarrollo de las diferentes etapas operativas antes citadas, la zona de iluminación focalizada (ZEF) está contenida en la zona de detección (ZD) en toda la anchura de inspección (L).

14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que el mismo pone en práctica una máquina (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

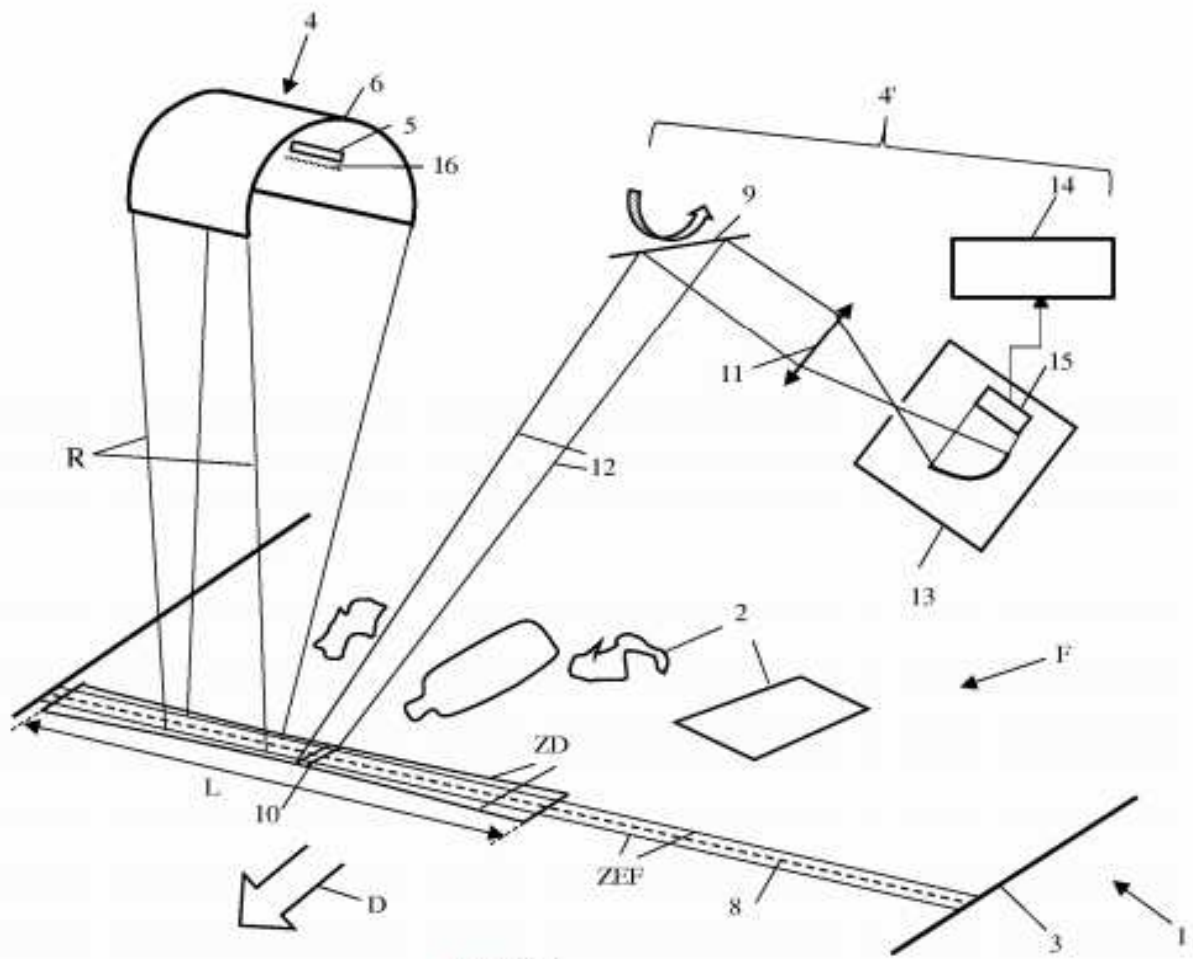


Figura 1

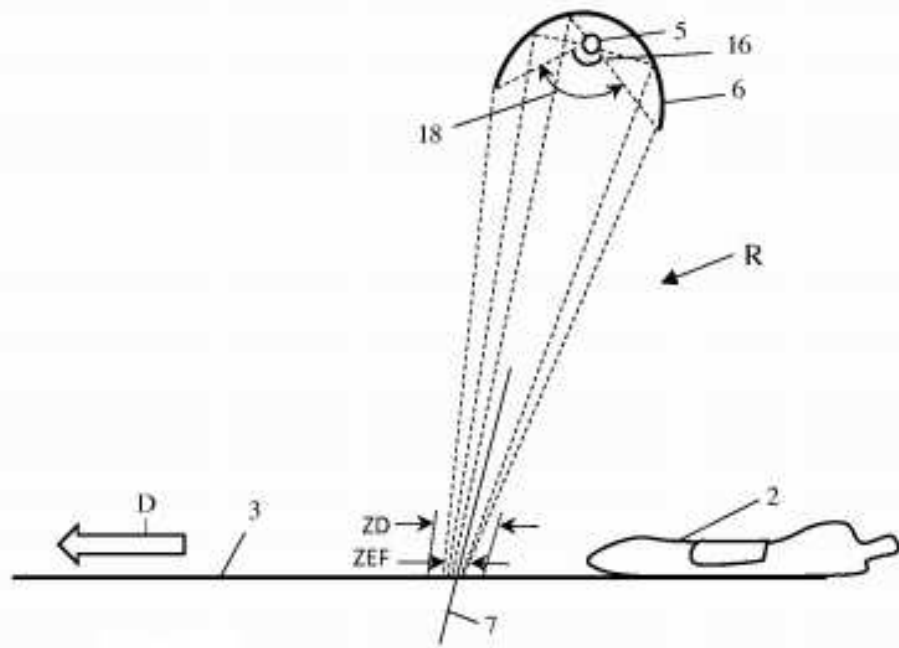


Figura 1A

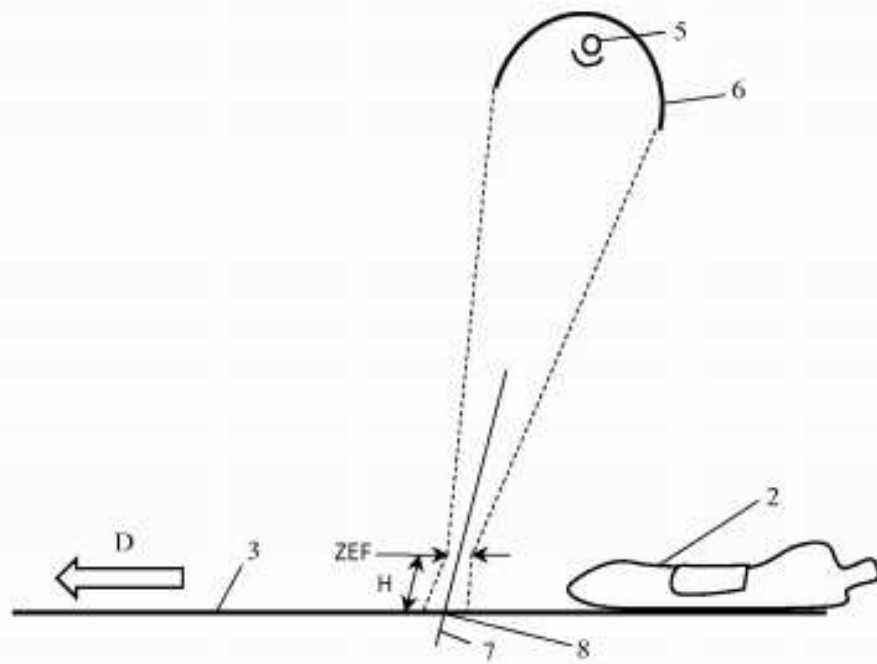


Figura 1B

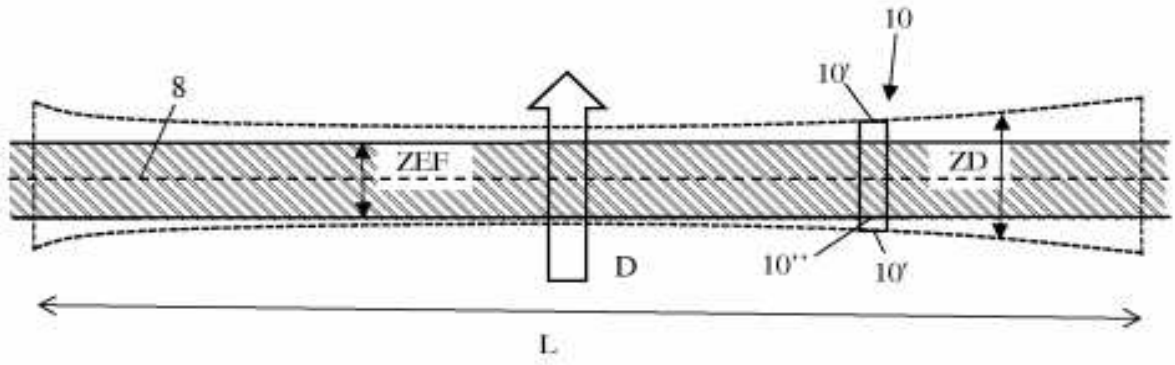


Figura 2

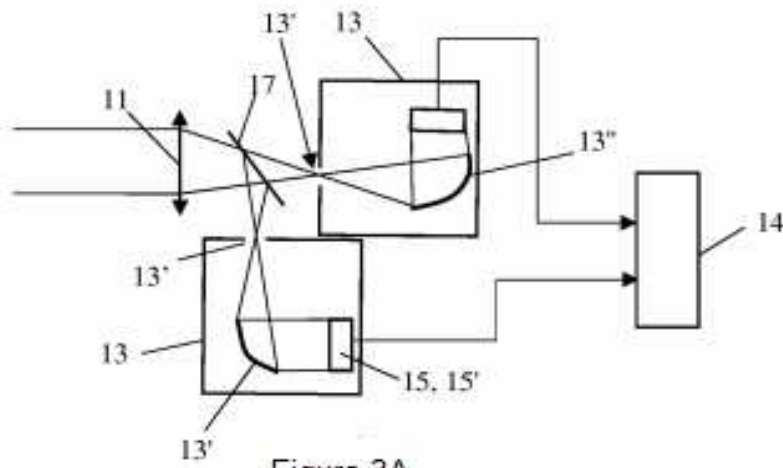


Figura 3A

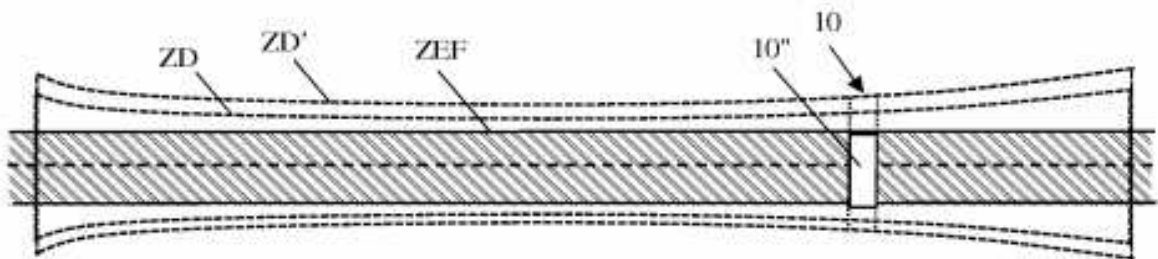


Figura 3B

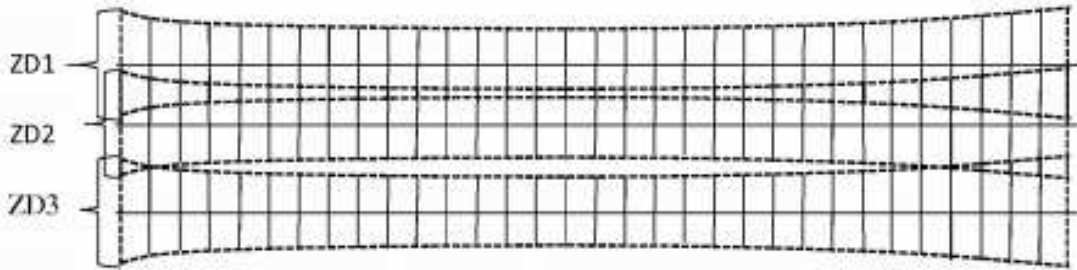


Figura 4A

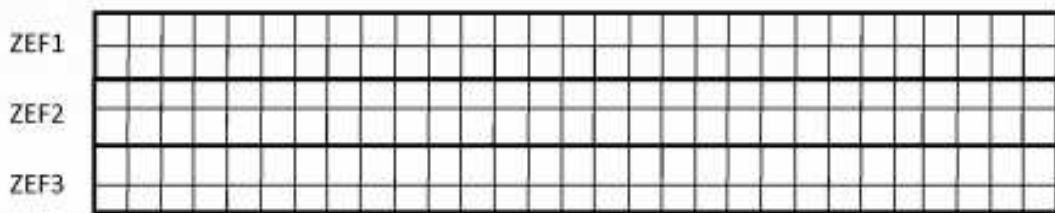
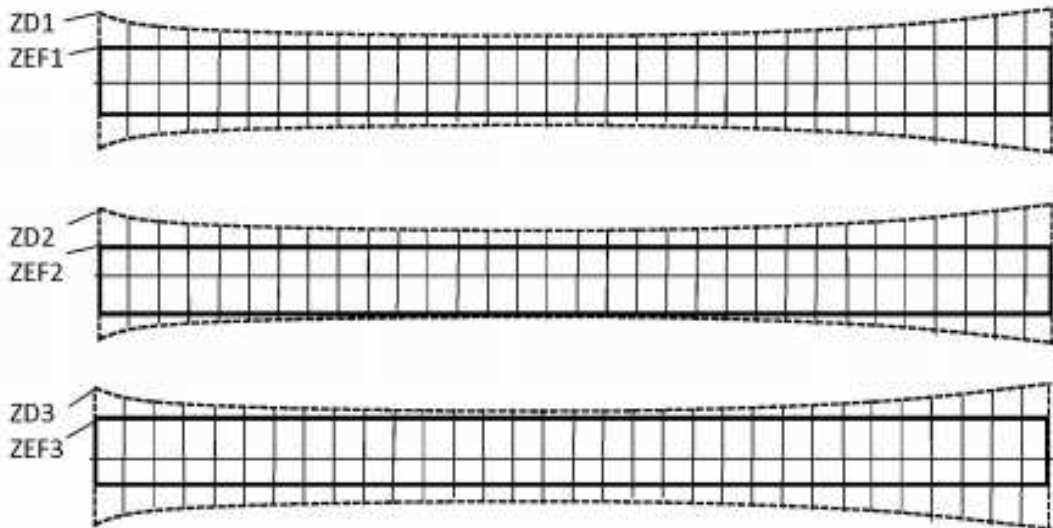


Figura 4B



Fgura 4C

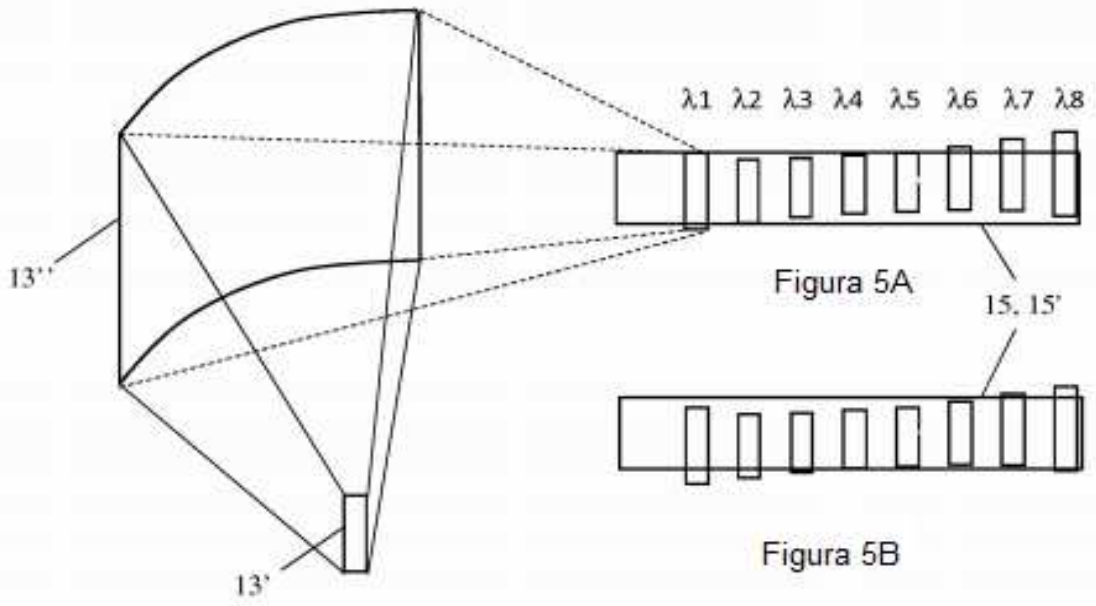


Figura 5

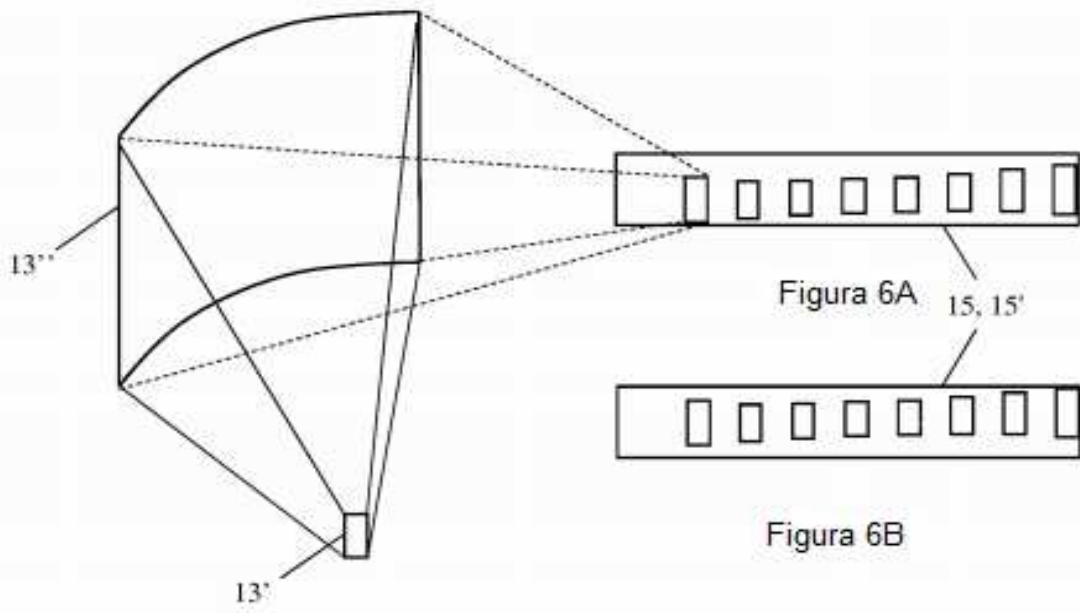


Figura 6