

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 456 315**

51 Int. Cl.:

**B07C 5/342** (2006.01)

**G01N 21/89** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2008 E 08829903 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2014 EP 2200758**

54 Título: **Dispositivo de clasificación con una fuente de radiación supercontinua y un método asociado**

30 Prioridad:

**03.09.2007 EP 07447051**

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

**22.04.2014**

73 Titular/es:

**TOMRA SORTING NV (100.0%)  
Romeinsestraat 20  
3001 Heverlee, BE**

72 Inventor/es:

**BERGHMANS, PAUL**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 456 315 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**

Dispositivo de clasificación con una fuente de radiación supercontinua y un método asociado.

5 La presente invención hace referencia a un método y un aparato de clasificación para detectar irregularidades en un producto, en el que al menos un haz de luz se dirige hacia este producto por medio de un espejo móvil, en el cual, el producto se mueve en una dirección en particular a través de una zona de detección, de manera que dicho haz de luz, que preferiblemente se mueve transversalmente a través de la trayectoria del producto, al menos se dispersa parcialmente y/o se refleja por parte de dicho producto. La luz dispersada y/o reflejada se detecta por, al menos, un detector con el fin de caracterizar y clasificar el producto.

10 Tales aparatos de clasificación son, por ejemplo, los que se dan a conocer en los documentos del estado de la mencionados con anterioridad en la patente US 6 864 970, la patente US 4 723 659, la patente EP 0 952 895, la patente US-A-6.864.970 y en la patente EP 1 012 582. En los dispositivos de clasificación láser, los productos se clasifican de acuerdo con diferentes principios de clasificación que incluyen un conjunto de parámetros de selección, por ejemplo, la absorción, la fluorescencia, la dispersión o el estado de polarización. La mayoría de los principios de clasificación se basan en un conjunto de longitudes de onda discretas características de las fuentes de láser.

15 Sin embargo, muchas longitudes de onda láser muy específicas, que son relevantes para el proceso de clasificación, no están disponibles en el mercado o las fuentes de láser son voluminosas y/o caras y/o no fiables. Además, otro problema es la combinación de varios láseres en un sistema de clasificación, que aumenta la complejidad del sistema óptico y requiere un gran surtido de fuentes de luz láser de repuesto.

20 Cuando se utilizan varias fuentes de láser en un aparato de clasificación, los diversos haces de láser se combinan en un único haz. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la forma de la sección transversal del haz de las fuentes de láser se diferencian entre sí. Además, muchos haces de láser tienen una sección transversal elíptica de tal manera que es extremadamente difícil de combinar estos haces de láser en un solo haz con una sección transversal uniforme y homogénea. No obstante, para la precisión del proceso de clasificación, es importante que la sección transversal del haz de luz que incide sobre los productos a clasificar tenga una sección transversal que sea uniforme y presente una distribución homogénea de frecuencias de luz.

25 El choque de un haz de láser sobre un producto que tiene una superficie irregular da lugar a fenómenos de interferencia. Particularmente, este es el caso cuando el tamaño de un desnivel en la superficie de un producto es del mismo tamaño que la longitud de onda del haz de láser que incide. La señal resultante generada por el haz de luz reflejada en los detectores del dispositivo de clasificación tiene por lo tanto una precisión limitada.

30 Además, los aparatos de láser de clasificación existentes cuentan con un conjunto fijo de fuentes láser con frecuencias de luz que se seleccionan en función del tipo de productos que se van a clasificar. Por lo tanto, un aparato de clasificación específico láser sólo se puede utilizar para la clasificación de un determinado tipo de productos y para la determinación de un cierto tipo de defectos u objetos extraños. Cada proceso de clasificación requiere sus propias frecuencias de luz. Es muy engorroso adaptar tales aparatos láser de clasificación con el fin de permitir la clasificación de otros tipos de productos, dado que otras frecuencias de luz pueden ser necesarias para la clasificación de otros productos.

35 Los aparatos de clasificación también pueden estar provistos de fuentes de banda ancha de luz blanca, por ejemplo las lámparas de descarga de alta intensidad (lámparas HID), como las bombillas de xenón. El problema con estas fuentes de banda ancha es que la luz generada tiene una coherencia espacial y un brillo bajos, y una muy baja eficiencia de acoplamiento hacia las fibras ópticas. Además, el uso de las lámparas de HID está sujeto a los tiempos de calentamiento y a los tiempos de reencendido.

40 Los aparatos de clasificación con lámparas de banda ancha como fuente de luz no están dando resultados satisfactorios ya que las fuentes de luz tienen una baja potencia y una baja resolución.

45 Los aparatos de clasificación láser tienen además la desventaja de que las fuentes de láser sólo están disponibles para un número limitado de longitudes de onda específicas o que las fuentes de láser para ciertas longitudes de onda son demasiado voluminosas o caras para ser utilizadas en un aparato de clasificación. Otra desventaja de los aparatos de láser de clasificación existentes es el hecho de que los diferentes tipos de láser requieren que la electrónica especial y las fuentes de alimentación especiales estén separadas, etc. Una desventaja adicional es la necesidad de una gran cantidad de ópticas especiales, tales como espejos dicróicos para combinar los múltiples haces de láser en un solo haz y la posibilidad de desalineación de los haces de láser durante la operación.

50 Los aparatos de clasificación láser que utilizan fibras ópticas para guiar los haces de láser tienen problemas de modo múltiple en las aplicaciones de clasificación policromática. Una desventaja adicional es el ancho de banda limitado de las fibras convencionales de modo simple (ventana de operación).

55 Los aparatos de clasificación láser que utilizan fibras ópticas para guiar los haces de láser tienen problemas de modo múltiple en las aplicaciones de clasificación policromática. Una desventaja adicional es el ancho de banda limitado de las fibras convencionales de modo simple (ventana de operación).

60 Los aparatos de clasificación láser que utilizan fibras ópticas para guiar los haces de láser tienen problemas de modo múltiple en las aplicaciones de clasificación policromática. Una desventaja adicional es el ancho de banda limitado de las fibras convencionales de modo simple (ventana de operación).

65 Los aparatos de clasificación láser que utilizan fibras ópticas para guiar los haces de láser tienen problemas de modo múltiple en las aplicaciones de clasificación policromática. Una desventaja adicional es el ancho de banda limitado de las fibras convencionales de modo simple (ventana de operación).

5 En general la presente invención hace referencia al campo de los aparatos de clasificación y en particular a los sistemas de exploración ópticos en dispositivos de clasificación y más específicamente a dispositivos de clasificación con banda ancha. En estos aparatos de clasificación, un haz de luz se dirige hacia los productos que se tienen que clasificar y choca sobre estos productos. La luz reflejada se detecta y en base a esta luz que se detecta, los productos se ordenan o se caracterizan.

10 En este contexto, el término de clasificación de banda ancha hace referencia a un proceso de clasificación que utiliza una colección de longitudes de onda distribuida en un intervalo espectral amplio, tal como la luz ultravioleta y la visible o como la luz visible y la infrarroja cercana y la luz ultravioleta o la luz visible y la infrarroja.

15 Además, la presente invención generalmente hace referencia a la utilización de fibras de cristal fotónico en combinación con dispositivos de clasificación, tales como una máquina de clasificación de alimentos, sistemas de escaneado óptico, así como para escanear productos tales como alimentos y plásticos, o la eliminación de objetos extraños y la clasificación según la calidad, como el contenido de aceite y agua.

20 En general, la presente invención hace referencia a fuentes de luz blanca y en particular, a la utilización de fuentes de luz blanca en los dispositivos de clasificación, como por ejemplo fuentes de luz de banda ancha.

25 La presente invención hace referencia específicamente a un dispositivo de clasificación con una fuente de luz supercontinua de banda ancha de guía de ondas óptica, tal como una fibra de cristal fotónica generada de manera supercontinua.

Además, la presente invención hace referencia a un dispositivo de clasificación con un sistema de guía de onda óptica, dicho sistema comprende una fibra óptica y específicamente se compone de una fibra de modo único constante.

Adicionalmente, la presente invención hace referencia a la utilización de una fibra óptica de modo único constante para guiar la luz en un sistema de enfoque de un aparato de clasificación.

30 Además, la presente invención hace referencia a la utilización de dicha guía de onda basada en una fuente de luz supercontinua y dicho sistema de guía de onda constante en un aparato de clasificación.

A continuación, se proporciona una breve descripción de este aparato de clasificación, seguido de la materia anterior relacionada con el sistema óptico, en relación con la presente invención.

35 En resumen, el sistema de escaneo de láser óptico del dispositivo de clasificación de acuerdo con la presente invención tiene:

- 40 1) un lado emisor óptico que comprende una fuente de radiación supercontinua,
- 2) un elemento de exploración, tal como un espejo poligonal, y
- 3) un lado de recepción óptico que comprende medios de detección.

45 El lado emisor está provisto de una fuente de luz para iluminar los productos que van a ser clasificados en un área pequeña o en un punto a través de un sistema de enfoque. Es común que se requieran varias longitudes de onda para el proceso de selección para aumentar los parámetros y artículos de clasificación que van a ser clasificados.

50 De acuerdo con la materia mencionada con anterioridad, se utilizan para este propósito los sistemas de láser multilínea o las combinaciones de láseres con longitudes de onda diferentes en un solo haz mediante espejos dicróicos. Para el proceso de clasificación es importante que los haces de luz de estas múltiples fuentes tengan un tamaño de punto similar y coincidan o que se superpongan en el mismo lugar de la clasificación del artículo, lo que aumenta la eficiencia y la precisión de la clasificación.

55 Por ejemplo, en las solicitudes de patente del estado de la técnica anterior EP 0 620 051 A1 (equivalente a la patente US 5 729 473) y la patente EP 0 736 339 A1, la clasificación de productos, tales como frutas y verduras, se lleva a cabo mediante la iluminación policromática con un haz compuesto por un número discreto de longitudes de onda preseleccionadas combinadas con un haz monocromático, como por ejemplo una longitud de onda de infrarrojos, superpuesta en un solo punto. La desventaja de estas aplicaciones es la dependencia de la disponibilidad de las líneas de láser discretas y, como se ha mencionado con anterioridad, la superposición engorrosa de los múltiples haces de luz.

60 Se conoce a partir del documento de la patente US 5 729 473 que el haz de luz procedente de un láser de líneas múltiples se combina en una fibra óptica. La salida del láser de líneas múltiples, que contiene los distintos colores como el rojo, el verde y el azul se combinan primero en una fibra óptica y después se combinan en el espacio libre con una fuente de infrarrojos. Por lo tanto, el método tal como se describe en la patente mencionada anteriormente,

no es particularmente adecuado para aplicaciones de clasificación de banda ancha. La desventaja de la utilización de dicho método de guías de ondas ópticas para aplicaciones de banda ancha es la característica multimodal de las longitudes de onda inferiores a la longitud de onda de corte de la guía de ondas óptica, así como las elevadas pérdidas por encima de una longitud de onda superior, es decir, la orientación en el modo fundamental sólo es posible en una ventana de operación de la banda estrecha. Para los fines de la clasificación, la orientación multimodal de los haces de luz resulta en un tamaño de punto más grande e irregular y por lo tanto en una resolución, eficiencia y exactitud reducidas. En particular, este es el caso de las longitudes de onda que están separadas ampliamente en el espectro, como es el caso de la aplicación de la clasificación de banda ancha. En las aplicaciones de clasificación de banda ancha, las longitudes de onda de las múltiples fuentes de luz normalmente se encuentran en el rango visible y cerca del infrarrojo, tal como en 488 nm, 830 nm y 980 nm, pero no se limitan sólo a estas longitudes de onda sino que también pueden incluir las longitudes de onda UV entre los 350 nm y los 488 nm y las longitudes de onda de luz infrarroja de 1100 nm hasta 3  $\mu$ m. Sobre todo, es de gran importancia el rango de longitudes de onda entre los 1100 nm y los 1600 nm debido a las características de absorción del agua y el aceite de los artículos de clasificación. Además, las longitudes de onda entre los 1000 y 3000 nm son de gran importancia para la clasificación de materiales de plástico.

Una desventaja de la tecnología de banda ancha de clasificación actual es que muchas de las fuentes de láser disponibles en el mercado, o incluso la tecnología láser en general, no se acomodan a las longitudes de onda tan específicas como se requiere en el proceso de clasificación de banda ancha. Otra desventaja de las actuales fuentes de láser multilínea es el número total limitado de longitudes de onda incluidas. Por lo tanto, en muchas situaciones las fuentes de láser todavía necesitan acoplarse a un solo haz mediante ópticas de acoplamiento, con las consiguientes desventajas tal como se ha descrito con anterioridad.

Como alternativa a la utilización de fuentes de láser en dispositivos de clasificación se puede hacer uso de las fuentes de luz de banda ancha, tales como las lámparas halógenas. A partir de, por ejemplo, el documento US 5 333 739 o RU 2 012 430, se conoce que la banda ancha tradicional o las fuentes de luz blanca se utilizan en máquinas de clasificación. Hasta ahora, estas fuentes de luz utilizadas en estos sistemas podrían ser, por ejemplo, lámparas de descarga de alta intensidad (HID), tales como xenón o lámparas de tungsteno-halógeno, o diodos emisores de luz (LED) y especialmente los LED de superluminiscencia (SLED). Sin embargo, estas fuentes se limitan tanto por el brillo como por la amplitud espectral y la forma espectral. Las lámparas de xenón, por ejemplo, tienen una coherencia espacial baja, lo que resulta en una eficiencia de iluminación baja. De manera adicional a estas fuentes de luz, se conoce a partir del documento US 5 333 739 que en un sistema para la inspección de líquidos, la luz de una bombilla halógena de cuarzo se concentra en un cable de fibra óptica de cristal de cuarzo. Generalmente, la eficiencia en el acoplamiento de la luz de las lámparas HID, o las bombillas en general, en una fibra óptica es muy baja.

Una fuente de luz supercontinua utilizada para encontrar defectos es un objetivo bajo ensayo que se conoce a partir del documento US -A- 2006/0198588.

El objetivo de la presente invención es remediar los inconvenientes y problemas mencionados con anterioridad.

Para este fin, el dispositivo de clasificación, de acuerdo con la presente invención, se define en la reivindicación 1, y el método de clasificación en la reivindicación 13.

La mejor manera de describir el fenómeno de supercontinuidad es como el ensanchamiento espectral de la luz de un láser semilla por la interacción no lineal con un medio. Dicha fuente de láser semilla puede ser pulsada o de onda continua. Dicho fenómeno supercontinuo se puede generar en una gran variedad de materiales, dependiendo entre otros de la no linealidad y la dispersión del material, así como de la longitud de onda y la intensidad de la luz que se propaga a través del material. En el campo de la fibra óptica se conoce que la supercontinuidad puede generarse en guías de onda ópticas y más específicamente en las fibras ópticas. Las fibras ópticas tienen como ventaja un alto confinamiento del campo modal a la región del núcleo, lo cual aumenta la intensidad localizada y las interacciones no lineales. Muy recientemente, se estableció la generación de la supercontinuidad (SCG) por primera vez en las fibras de cristal fotónico (PCF) (J. K. Ranka, R. S. Windeler, y A. J. Stentz, "Visible continuum generation in air-silica microstructure fibers with anomalous dispersion at 800 nm" Opt. Lett. 25, 25-27 (2000)). La ventaja de la utilización de estas fibras ópticas es el control sobre los parámetros de la fibra que definen el campo modal, la dispersión y los procesos no lineales, que son los parámetros clave de diseño del medio para definir las propiedades de la supercontinuidad. Las no linealidades en las fibras de cristal fotónico (PCF) se pueden mejorar al disminuir el diámetro del campo modal y confinar la luz a la región de núcleo sólido, al aumentar de la intensidad y, por lo tanto, la interacción no lineal con el material del núcleo. Las PCF son especialmente ventajosas para obtener un alto grado de confinamiento modal de la región del núcleo debido al contraste de índice alto entre la región del núcleo y el revestimiento aéreo. Las fibras altamente no lineales (HNLF) también se pueden utilizar para la generación de supercontinuidad. Típicamente, estas HNLF presentan una pequeña área efectiva y un perfil de dispersión bajo y plano ("Pulsed and continuous-wave supercontinuum generation in highly nonlinear, dispersion-shifted fibers", J. W. Nicholson, Appl. Phys. B77, 2003).

En comparación con las PCF, el diseño clásico de una fibra óptica, incluyendo las HNLf, muestra una libertad significativamente menor del diseño del perfil de la dispersión. El perfil de la dispersión es de gran importancia y, en particular, la longitud de onda a la que la dispersión es cero. La supercontinuidad de banda ultraancha se puede generar mediante el bombeo de las PCF con un láser de alta intensidad de impulsos que tenga una longitud de onda en la región anómala de dispersión y cerca de la longitud de onda de dispersión cero (Genty, 'Route to supercontinuum', Proceedings CLEO2002). Otra ventaja de la libertad en el diseño del perfil de dispersión en las PCF es que el perfil se puede adaptar a la longitud de onda del láser de bombeo de bajo coste (S.G. Leon- Saval, T. A. Birks, W. J. Wadsworth y P. St. J. Russell, M. W. Mason, 'Supercontinuum generation in submicron fibre Waveguides', Optics Express, Volumen 12, Nº 13, página 2864). Sin embargo, otra ventaja es que la amplitud espectral se puede diseñar de tal manera que el espectro se extienda desde el ultravioleta hasta el infrarrojo medio ("Generation of High-Power Femtosecond Pulse and Octave-Spanning Ultrabroad Supercontinuum Using All-Fiber System", J. Takayanagi, N. Nishizawa, H. Nagai, M. Yoshida, T. Goto, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, volumen 17, Nº. 1, 2005) o de modo que la mejora en la intensidad se logre solamente en un rango de longitud de onda específica ("Supercontinuum generation in a fiber grating", P. S. Westbrook, J. W. Nicholson, K. S. Feder, Y. Li, T. Brown, APPLIED PHYSICS LETTERS, volumen 85, Nº. 20, 2004). Recientemente, se ha demostrado la supercontinuidad en cristales que no son de sílice, tales como el calcogenuro, con longitudes de onda más allá de 2000 nm donde la atenuación basal del sílice aumenta fuertemente (L. B. Shaw et al. Adv. Solid State Photonics Tech. Digest, paper TuC5, Austria (Feb. 6-9, 2005)). Las fuentes supercontinuas ya están comercialmente disponibles con rangos espectrales que normalmente van desde el ultravioleta al infrarrojo cercano, lo cual ofrece una alta densidad espectral y una alta longitud de coherencia espacial. Una de las primeras fuentes de luz blanca comercialmente disponibles que se basaron en la generación supercontinua en las PCF pertenecía, por ejemplo, a la empresa Koheras A/S en Dinamarca en 2004.

La libertad del diseño de la fibra de cristal fotónico también abrió la posibilidad de la verdadera orientación monomodal en la ventana de la transmisión total de sílice. Esta fibra, la fibra de modo único constante, se conoce a partir de la solicitud de patente WO 00/37974. En el campo de las fibras de cristal fotónico (PCF) (Birks, T. A., Knight, J. C., y Russel, P. St. J.: "Endlessly single-mode photonic crystal fiber", Opt Lett, 1997, 22, página 961) se conoce que la utilización de un tipo específico de orientación monomodal de la guía de ondas se puede lograr a través de una gama espectral muy amplia. Las guías de ondas ópticas monomodales convencionales tienen una ventana de operación limitada por una longitud de la onda de corte inferior y una longitud de onda superior, por encima de la cual las pérdidas dominan la orientación. Por debajo de la longitud de onda de corte, a parte del modo fundamental, la orientación se realizará en los modos de orden más altos y, por lo tanto, será multimodal, lo que resulta en un punto más grande y más irregular. Este problema es especialmente grave en aquellas circunstancias en las que las longitudes de onda están ampliamente separadas en el espectro la una de la otra, por ejemplo, una longitud de onda de 365 nm y 980 nm, que son las longitudes de onda de clasificación respectivas de la aflatoxina y la absorción de agua.

Las guías de onda ESM se diseñan con un núcleo sólido rodeado por un revestimiento de un entramado cuidadosamente diseñado de agujeros de aire. El revestimiento aumenta el contraste del índice con el núcleo con el fin de confinar la luz en el núcleo. Principalmente, las longitudes de onda bajas se limitan sólo a la región del núcleo, con casi ninguna penetración de las colas del campo, o del campo evanescente en el revestimiento. Esta situación es comparable a la fibra de modo único clásica sin un revestimiento de aire. El aumento de la longitud de onda también aumentará las colas del campo óptico o el campo evanescente en el revestimiento. Cuanto más penetra el campo en el revestimiento, mayor será el contraste del índice con el núcleo, por lo tanto, el índice efectivo de revestimiento depende en gran medida de la longitud de onda y, por tanto, se puede demostrar matemática y experimentalmente que la luz sigue siendo de modo único.

La fuente de luz supercontinua se utiliza de modo sencillo en una gran variedad de aplicaciones. A continuación se resumen algunos de los desarrollos actuales. La utilización de la supercontinuidad en la microscopía se conoce, por ejemplo, en el estado de la materia "Chromatic confocal microscopy using supercontinuum light", K. Shi, P. Li, S. Yin, Z. Liu, Optics Express, volumen 12, Nº 10, 2004 y "Confocal laser scanning fluorescence microscopy with a visible continuum source", G. McConnell, Optics Express, volumen 12, Nº 13, 2004. Los artículos que describen los componentes espectrales de la supercontinuidad se centran directamente en la salida de la fuente de supercontinuidad, en diferentes niveles de profundidad utilizando la aberración cromática del sistema de enfoque, que permite el mapeo tridimensional de una estructura.

Preferiblemente, el dispositivo de clasificación, de acuerdo con la presente invención, tiene una fuente de luz de alta intensidad de banda ancha polarizada en el modo fundamental de una fibra de modo único constante, es decir, la fibra no lineal y la fibra de modo único constante son una combinación todo-en-uno. Posiblemente, en caso de que haya problemas con el modo único, ésta puede ser una combinación de NLF y ESMF. También es posible la combinación de los láseres múltiples actuales acoplados a un ESMF. Otra ventaja de la utilización de un ESMF es la amplitud del haz de difracción limitada sobre todo el espectro. También es importante señalar que la continuidad de las longitudes de onda disponibles en un haz de luz generado por una fuente de luz supercontinua hace que sea posible clasificar los productos y/o aplicar técnicas (por ejemplo, para la clasificación de plásticos o para la clasificación de productos en su contenido en aceite/agua) que no eran posibles con los aparatos de clasificación de la materia mencionada con anterioridad.

En la presente invención, una fuente de luz supercontinua se utiliza en un dispositivo de clasificación.

5 En una forma de realización ventajosa del dispositivo de clasificación, de acuerdo con la presente invención, se utiliza una guía de ondas ópticas basada en una fuente de luz supercontinua.

Esta guía de ondas óptica es preferiblemente en una fibra de cristal fotónico.

10 En una forma particularmente interesante de la realización de la invención, esta fibra de cristal fotónico es una fibra de modo único constante.

Preferiblemente, la luz de dicha fuente de supercontinuidad se guía por medio de una fibra de modo único constante (ESMF) en el dispositivo de clasificación.

15 De acuerdo con la presente invención, es posible guiar la luz de al menos dos fuentes de láser mediante un ESMF en el dispositivo de clasificación.

20 El haz de luz que emerge de una fibra de modo único constante se centra en un pequeño punto único sobre los productos para realizar la clasificación.

25 La ventaja de la utilización de una fuente de supercontinuidad en un dispositivo de clasificación es la disponibilidad de todas las longitudes de onda en una gama espectral extremadamente amplia. El amplio espectro de la fuente supercontinua ofrece un alto grado de libertad para elegir cualquier longitud de onda específica o cualquier combinación de longitudes de onda específicas. Esto hace que sea posible elegir longitudes de onda que, de otro modo, serían difíciles de lograr con otras fuentes de luz tales como las fuentes de láser, como por ejemplo, fuentes de láser semiconductoras o de relleno. La posibilidad de elegir una combinación de longitudes de onda específicas en el sistema de clasificación tiene la ventaja de que se puede aumentar el número de parámetros de clasificación de selección dentro de los diferentes campos de principios de clasificación, tales como el color o la clasificación de la fluorescencia. Un aumento en el número de parámetros de clasificación de selección no sólo resulta en un sistema de clasificación más eficiente y preciso, sino también en un aumento de los tipos de objetos a clasificar. La utilización de la supercontinuidad en el dispositivo de clasificación, por ejemplo, puede facilitar la clasificación de los productos en base a su contenido de aceite y agua, lo cual es de particular interés para la clasificación de productos tales como los frutos secos y las aceitunas.

35 Otra ventaja de la utilización de la fuente de supercontinuidad en comparación con los láseres y/o láseres multilínea en el dispositivo de clasificación es la flexibilidad de elegir la potencia total incidente en el producto o los detectores que reciben la luz reflejada por los productos que se deben clasificar. Esto se puede regular mediante la proporción del ancho de banda o los filtros de paso de banda, que se colocan directamente después de la fuente de luz o en frente de los detectores. El ancho de banda es directamente proporcional a la potencia transmitida en el rango de longitud de onda seleccionada del paso de banda, algo que no es aplicable a las fuentes de láser. De esta manera una fuente de baja potencia supercontinua podría combinarse con filtros de banda ancha con una banda de filtro amplia con el fin de obtener un haz de alta potencia que incida sobre los productos. Una fuente de baja potencia supercontinua tiene ventajas con respecto a la fiabilidad y la facilidad de su utilización. La facilidad de utilización de las máquinas impulsado por láser está limitada por la clase de láser y define los requisitos para el diseño de la máquina de clasificación con respecto a la seguridad del usuario. También se espera un menor consumo de energía para aumentar el nivel de fiabilidad debido a una menor carga térmica en los componentes ópticos.

50 La utilización de la fuente de luz supercontinua en un dispositivo de clasificación tiene la ventaja de proporcionar las características típicas de la luz del láser, es decir, la capacidad de obtener un alto grado de colimación, una alta intensidad, dividida en un espectro muy amplio, con una alta densidad espectral a partir del cual se pueden elegir las longitudes de onda de clasificación. Otra ventaja adicional es que sólo se necesita una única fuente de luz, lo cual es ventajoso tanto económicamente, ya que se requiere un inventario menor de fuentes de luz de repuesto, como desde la perspectiva de la reducción de la complejidad del diseño del sistema.

55 Otra ventaja es el control sobre el estado de polarización de la fuente de luz supercontinua generada en una fibra de cristal fotónico. La luz polarizada puede ser de vital importancia para la clasificación de, por ejemplo, los productos húmedos o productos altamente reflectantes. Por otro lado, la supercontinuidad generada puede ser no polarizada, es decir, el estado de la polarización es elíptico en la salida de la fuente y puede polarizarse posteriormente mediante divisores de haz de polarización de banda ancha, tales como los polarizadores Glan-Thompsen o Glan-Taylor. Más ventajosamente, la supercontinuidad puede generarse en uno de los estados de polarización de una fibra de cristal fotónico me mantenimiento de la polarización.

60 Sin embargo, otra ventaja es que la supercontinuidad se genera en las PCF y, por lo tanto, casi el 100% de la luz generada se puede guiar en el sistema de clasificación con el propósito de clasificar, teniendo en cuenta las pérdidas insignificantes en el sistema de guiado óptico o las pérdidas de acoplamiento con un sistema de guía de ondas, tales como una fibra óptica, como la ESMF. En comparación con una lámpara de xenón, sólo una fracción de

la intensidad total sería capaz de acoplarse en, por ejemplo, una fibra óptica, debido a las pérdidas de acoplamiento significativas en la fibra óptica.

5 En comparación con otras fuentes de luz de banda ancha, tales como por ejemplo las bombillas de alta intensidad (HID), la fuente supercontinua tiene como ventaja una muy alta densidad espectral e intensidad, que es alrededor de tres órdenes de magnitud mayor que en el caso de las una fuente de luz blanca convencional, como las lámparas HID. Otra ventaja es que el espectro puede abarcar más de dos octavas (D. A. Akimov et al, "Spectral  
10 superbroadening of subnanosecond Cr: forsterite femtosecond laser pulses in a tapered fiber" J. Catal 74, 460-463 (2001)). Esto es de particular relevancia para la utilización en los rangos de longitudes de onda superiores a 1100 nm y especialmente entre 2000 y 3000 nm.

15 La generación de la supercontinuidad en una fibra de ESM tiene la ventaja de que el espectro generado sólo se acopla en el modo fundamental, por lo tanto, es verdaderamente un modo único. La orientación en el modo fundamental permite enfocar la luz que emerge en un lugar pequeño único, lo cual mejora la resolución de la exploración que es inversamente proporcional al tamaño del punto. La orientación de la luz en el modo fundamental también mostrará una susceptibilidad muy baja a pérdidas por flexión. Además, la orientación de la luz en el modo fundamental no muestra susceptibilidad a las vibraciones mecánicas o acústicas externas. Esta es una mejora significativa para el sistema de láser en donde los distintos haces de láser están acoplados entre sí a través de la  
20 óptica de acoplamiento para superponerse en un solo punto. Otra ventaja de la generación de la luz en la fibra supercontinua de ESM es la mano de obra reducida necesaria tanto para la instalación como el mantenimiento de la óptica de acoplamiento para asegurar una superposición completa de los haces de las diferentes fuentes de láser. Otra ventaja de la utilización de fibras de ESM en el dispositivo de clasificación es que los láseres con separaciones de longitud de onda superiores al ancho de banda de transmisión de las fibras de índice escalonado también pueden acoplarse y guiarse solamente en el modo fundamental, mejorando las características del punto.

25 En una forma de realización preferible del dispositivo de clasificación, de acuerdo con la presente invención, la supercontinuidad se genera en una fibra óptica. Esto tiene la ventaja de que el espectro de banda ancha de la supercontinuidad se genera en la fibra óptica, que puede acoplarse directamente en un sistema óptico de enfoque o, con pérdidas bajas de acoplamiento, en un sistema de guía de onda óptica, tal y como una fibra de modo único constante. Aún otra ventaja es que todo el espectro en la salida de la fuente de fibra supercontinua se superpone y se alinea de forma automática y se puede enfocar en un solo punto.

35 En una realización preferible, dicha fibra óptica es una fibra de cristal fotónico (o fibra agujereada, o fibra microestructurada). Esto tiene la ventaja de que el espectro de la supercontinuidad se puede adaptar mediante los parámetros de diseño de la estructura agujereada del revestimiento. Esto también tiene la ventaja de que se puede elegir la longitud de onda de bombeo, de tal manera que coincida con las fuentes de láser disponibles comercialmente.

40 En una forma de realización preferible, dicha fibra de cristal fotónico es una fibra de modo único constante. Esto tiene la ventaja de que la supercontinuidad generada se acopla sólo en el modo fundamental en todo el rango espectral. Esto puede hacerse, por ejemplo, mediante la elección del menor punto de dispersión cero a una longitud de onda mayor, tal como de 1060 nm, y en consecuencia la longitud de onda de corte se desplazará hacia longitudes de onda más bajas, tales como de 300 nm.

45 En una forma de realización, dicha fibra óptica es una fibra altamente no lineal (HNLF).

50 En una forma de realización, la supercontinuidad se genera en la primera parte de dicho PCF o HNLF y se guía en el sistema de clasificación en la segunda parte de la misma PCF o HNLF. Esto tiene la ventaja de que no se necesita ningún empalme con otra fibra y la luz puede guiarse en el sistema de clasificación en una fibra.

55 En una forma de realización, la luz de la supercontinuidad generada en dicha fibra óptica está acoplada directamente a una fibra de modo único constante. Esto tiene la ventaja de que el amplio espectro de longitudes de onda puede guiarse en el modo fundamental de la ESMF y permite que la luz del espectro se propague en un régimen de modo verdaderamente único. Sin embargo, otra ventaja es que si el espectro, o una parte del espectro, de la fuente de luz es multimodal, la luz se guiará únicamente en el modo fundamental de la fibra de ESM. La forma gaussiana del modo fundamental tiene la ventaja de que la luz que emerge desde el extremo de salida de la ESMF se puede enfocar en el tamaño de punto más pequeño y más regular posible. Esto es ventajoso para el dispositivo de clasificación debido a que un tamaño de punto más pequeño aumenta la resolución de clasificación y por lo tanto la eficiencia de la clasificación, para detectar el menor defecto posible. Una ventaja particular en un dispositivo de  
60 clasificación es el tener un sistema de guía de ondas, que puede guiar la luz de modo único espacial en un rango espectral muy amplio, lo cual resulta en un aumento del número de longitudes de onda de selección.

65 En una realización, una fibra de ESM se utiliza para guiar la luz en el dispositivo de clasificación a través de un sistema de focalización de la luz sobre el producto de clasificación, donde el sistema de enfoque puede ser una unidad independiente o conectarse directamente a la fibra de ESM. La utilización de la fibra de ESM para guiar la luz en un sistema de enfoque tiene la ventaja de que las longitudes de onda, de toda la gama espectral de la fuente

supercontinua o que están separadas ampliamente en el espectro tal como en el caso de la utilización de la fuente de láser múltiple, se guían en el modo fundamental y son monomodales. El guiado en un único modo sólo tiene la ventaja de que la luz se puede enfocar mediante el sistema de enfoque en el punto más pequeño y regular posible sobre el objeto de clasificación.

5 En otra realización, el objeto de la presente invención no sólo utiliza una fuente de luz supercontinua, sino que también puede incluir dos o múltiples láseres acoplados en la fibra ESM. Esto tiene la ventaja de que los láseres con longitudes de onda ampliamente separadas, es decir, superiores a la amplitud de banda de transmisión de una fibra de índice escalonado única, pueden guiarse en el modo fundamental de la fibra de ESM y centrarse en un único punto, en el que se superponen los haces.

10 En una realización, la longitud de onda de dispersión cero de la fibra óptica está situada cerca de la longitud de onda del láser de bombeo de bajo coste que se utiliza en la fuente de luz supercontinua.

15 En una realización, se utiliza un láser de bomba pequeño de bajo coste. Esto tiene la ventaja de que el tamaño total de la fuente de luz supercontinua se puede reducir.

20 En una forma de realización, la supercontinuidad se genera en un rango que va desde la radiación UV hasta la gama infrarroja media, desde 2 hasta 3  $\mu$ m. Esto es de particular relevancia para un dispositivo de clasificación, en el que los parámetros de clasificación tienen una longitud de onda en el intervalo habitual del UV, lo visible, el infrarrojo cercano y también en el infrarrojo, especialmente en el rango de longitud de onda de los 2 a los 3  $\mu$ m. El rango de entre los 2 y los 3  $\mu$ m es de gran relevancia para la máquina de clasificación, lo cual hace posible la clasificación de materiales con espectros de absorción en este rango, tales como los plásticos, por ejemplo.

25 En una forma de realización, el material de la PCF en la que la supercontinuidad generada no es de sílice, tales como calcogenuros como las PCF de selenuro ("Chalcogenide optical fibers target mid-IR applications" J. S. Sanghera et al., Laser Focus World, abril de 2005, página 83). La ventaja de la utilización de material de tipo no-sílice es la menor porción de pérdidas en el centro del rango de la longitud de onda infrarroja. Por lo tanto, el material no-sílice puede hacer posible la generación de la supercontinuidad muy por encima de los 2000 nm y muy por encima de los 3000 nm.

30 En una forma de realización, puede elegirse la anchura de los filtros de paso de banda para regular la potencia total incidente en el producto de clasificación (filtrado de entrada) o el detector (filtrado lateral de detección). La potencia incidente del producto de clasificación o del detector es directamente proporcional al ancho de banda del paso de banda del filtro.

35 En otra forma de realización, un filtro de longitud de onda múltiple se coloca en la salida de la fuente de la supercontinuidad. Esto tiene la ventaja de que la potencia óptica total que se acopla a la zona de espacio libre del dispositivo de clasificación puede reducirse significativamente. Esto es especialmente ventajoso en relación a una facilidad de utilización mejorada, que está limitada por la clase de láser de la fuente de luz utilizada.

40 En una forma de realización, la intensidad de la supercontinuidad se potencia en algunos rangos de longitud de onda específicos. De acuerdo con esto, la potenciación de la intensidad en estos rangos de longitud de onda mejorará la relación señal-ruido. El aumento de la intensidad tiene una relevancia particular en el dispositivo de clasificación debido a que la proporción señal-ruido mejorada permitirá la utilización de fotodetectores de bajo costo en el dispositivo de clasificación.

45 Otras particularidades y ventajas de la presente invención quedarán claras a partir de la siguiente descripción de algunas realizaciones específicas del dispositivo de clasificación y el método de acuerdo con la presente invención; esta descripción se proporciona sólo como un ejemplo y no limita en ningún aspecto el ámbito de la protección reivindicada de la presente invención; las cifras de referencia utilizadas en lo sucesivo se refieren a las ilustraciones que se acompañan.

50 La figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de un aparato de clasificación equipado con una mesa vibratoria, un dispositivo de transporte, un sistema óptico y un sistema de eliminación, de acuerdo con la presente invención.

55 La figura 2 es una vista esquemática que ilustra los componentes de una realización del sistema óptico de un aparato de clasificación de acuerdo con la presente invención.

60 En la figura 3 se muestran imágenes de la sección transversal de una fibra de cristal fotónico típico con un pequeño núcleo para el confinamiento de luz alta y la guía monomodal.

65 La figura 4 muestra un espectro típico de una supercontinuidad generada en una PCF de sílice (por ejemplo Fianium SC450).

La figura 5 muestra un espectro típico de una supercontinuidad generada en una PCF de no-sílice, en este caso una muestra de 1 m de una fibra de cristal fotónico As-Se. Tomado de L. B. Shaw et al, "IR supercontinuum generation in As-Se Photonic Crystal Fiber" en Advanced Solid State Photonics, volumen 98 de la OSA Proceedings Series (Optical Society of America, Washington, DC., 2005), páginas 864-868.

La figura 6 muestra los espectros de cuatro fuentes de luz diferentes, incluyendo 1. la fuente de supercontinuidad, 2. una fuente de emisión espontánea amplificada (ASE), 3. una lámpara incandescente y 4. múltiples diodos emisores de súper luz (SLED) [Tomado de la nota de solicitud Supercontinuum de la empresa Crystal Fibre A/S].

La figura 7 muestra una impresión esquemática del dispositivo de clasificación con una fuente de luz supercontinua.

La figura 8 muestra las trazas de las señales del detector del dispositivo de clasificación equipado con una fuente de luz supercontinua (Fianium SV450-4).

La Figura 9 muestra la traza del detector de infrarrojos de la señal de dispersión (número 12 en la figura 7).

La Figura 10 muestra respectivamente las curvas de transmisión para el modo fundamental en una fibra de índice escalonado (1) y una fibra fotónica constante de cristal único (2).

En las diferentes ilustraciones, las mismas figuras de referencia se refieren a elementos idénticos o análogos.

La presente invención hace referencia en general a un dispositivo de clasificación para la caracterización de productos en una corriente de productos con una fuente de radiación que genera un haz de luz que tiene un espectro de banda ancha y medios para mover los productos a través de una zona de detección.

La figura 1 representa un dispositivo de clasificación con una mesa vibratoria 2 para la alimentación de los productos 7 que se deben clasificar en una superficie inclinada de distribución 1 que está generando una corriente de productos 7 que se mueve en caída libre a través de una zona de detección 6 situada en frente de un sistema óptico 3.

Más allá de la zona de detección 6, se proporciona un sistema de eliminación 4, que incluye una serie de válvulas neumáticas 4, para la eliminación de productos no deseados u objetos extraños 8 fuera de la corriente de productos que contiene sólo los productos aceptados 7.

Cuando los productos 7 se mueven a través de la zona de detección 6, estos se inciden por un haz de luz concentrado 5 del sistema óptico. Este haz de luz 5 escanea toda la amplitud de la zona de detección 6.

El sistema óptico 3 se representa de manera esquemática en la figura 2 e incluye una fuente de luz 11 que genera dicho haz de luz 5, un espejo poligonal giratorio 12 y una serie de elementos ópticos.

Dicho haz de luz 5 se dirige desde la fuente de luz 11 a través de un divisor del haz 13 hacia el espejo poligonal giratorio 12, de manera que el haz de luz 5 se refleja mediante este espejo y escanea los productos 7 que se desplazan a través de la zona de detección 6.

Por tanto, el haz de luz 5 incide sobre dichos productos 7 en la zona de detección 6 de tal manera que la luz se dispersa y/o se refleja por los productos 7. Esta luz dispersada y/o reflejada se devuelve mediante el espejo poligonal giratorio 12 hacia el divisor del haz 13. Este divisor del haz 13 es, por ejemplo, un divisor del haz polarizante y dirige la luz dispersada y/o reflejada por los productos 7 hacia una lente de enfoque 14 y, posteriormente, hacia los medios de detección que incluyen los detectores 15, 16, 17 y 18.

Dicha fuente de luz 11 incluye una fuente de radiación supercontinua como ya se ha descrito anteriormente y se genera, por ejemplo, una luz de banda ancha continua con una alta densidad espectral comprendida entre los 300 nm y los 3000 nm. Este haz de luz presenta una coherencia altamente espacial de tal manera que se obtiene un haz de luz concentrado con un diámetro de sección transversal de, preferiblemente, al menos un orden de magnitud menor al tamaño medio de los productos que se deben clasificar, y ventajosamente, al menos menor a los defectos de los productos que deben detectarse con los fines de la clasificación.

Además, los medios de detección incluyen espejos dicróicos 19 y 20 para dirigir la luz con longitudes de onda seleccionadas hacia los detectores 15, 16, 17 y 18. Estas longitudes de onda se seleccionan en función de los productos que se van a clasificar y de los defectos de los productos que se deben detectar, y son conocidas por los expertos relacionados con las tecnologías de clasificación óptica en cuestión. Algunas formas de realización específicas de los medios de detección son, por ejemplo, las que se dan a conocer en el documento US 6 864 970.

De acuerdo con una realización preferible del dispositivo de clasificación, de acuerdo con la presente invención, los filtros de ancho de banda se proporcionan entre la fuente de luz 11 y la zona de detección 6. Estos filtros de ancho de banda se eligen de manera que permiten el paso de la luz en una banda espectral en torno a las diferentes longitudes de onda que se seleccionan para la clasificación de los productos. La anchura de estas bandas espectrales se elige tal que se evitan los fenómenos de interferencia posiblemente generados en la superficie de los productos. De esta manera, se obtiene una señal muy precisa en los detectores 15, 16, 17 y 18.

El ancho de banda de alrededor de dichas longitudes de onda seleccionadas es preferiblemente del orden de 5 a 30 nm. Se han obtenido excelentes resultados con un ancho de banda del orden de 10 a 20 nm.

Para la detección de ciertos defectos o para la clasificación de ciertos productos, la clasificación se basa en las propiedades de la fluorescencia de los productos. En estas aplicaciones del dispositivo de clasificación, por lo menos un filtro de bloqueo de banda espectral se proporciona en el camino óptico de dicho haz de luz entre dicha fuente de radiación supercontinua y dicha zona de detección. Este filtro de bloqueo de banda espectral previene sustancialmente que la luz que se genera mediante fluorescencia, a través de la incidencia de luz sobre dichos productos con una longitud de onda situada fuera de la banda espectral bloqueada por este filtro, llegue a los medios de detección. Preferiblemente, dicho filtro de bloqueo de banda se coloca entre la fuente de luz y el lugar donde el haz de luz incidente se separa de los productos mediante la luz reflejada y/o dispersada, es decir, entre la fuente luminosa y el divisor de haz 13.

El aparato de clasificación, de acuerdo con la invención es de particular interés si dichos filtros de ancho de banda y/o dichos filtros de bloqueo de banda están formados por el filtro óptico sintonizable y/o filtros sintonizables de ancho de banda variable. En tal caso, el dispositivo de clasificación se vuelve muy flexible ya que casi cualquier producto puede clasificarse en base a cualesquiera longitudes de onda de luz seleccionadas y específicas.

Al generar un haz de luz supercontinua en una PCF no lineal, se guía un impulso de alta intensidad en la fibra por medio de un láser de bombeo. Preferiblemente se coloca un filtro con el fin de eliminar el componente de alta intensidad.

Figura 7.

La luz emitida por la fuente de supercontinuidad (SC) (1) se guía en el dispositivo de clasificación (2). Si la salida de la fuente de supercontinuidad (1) es de tipo no polarizada se puede hacer uso de las ópticas de polarización de banda ancha (3), tales como los divisores del haz de polarización para polarizar el haz. La luz se refleja y se extiende mediante un espejo poligonal giratorio rápido (4) en un amplio intervalo (5) o línea de escaneado en una zona de detección, donde los productos (6) deben detectarse para la clasificación. La luz dispersada y/o reflejada (13) es una huella digital del producto detectado y se recoge por medio del espejo poligonal (4) y se guía a través de un sistema de lentes y espejos hacia el lado de detección (7). En el lado de detección, la luz se divide en los componentes espectrales de interés mediante espejos dicróicos (8). Estos componentes espectrales podrían ser, por ejemplo, los colores azul (9), verde (10) y rojo (11). La luz reflejada directamente en los productos se bloquea mediante los divisores del haz de polarización (14). Se puede utilizar una señal de infrarrojo para la clasificación en relación a las características de dispersión del producto (12). En las figuras 11 y 12 se muestran las señales del detector de un canal azul, rojo e infrarrojo procedentes de una sola fuente supercontinua con una producción de fibra constante de modo único.

La figura 8 muestra las trazas de las señales del detector del dispositivo de clasificación equipado con una fuente de luz supercontinua (Fianium SV450-4). En este caso se muestran las señales de color rojo (1) y azul (2) que se corresponden con el número 11 y 9, respectivamente, en la figura 7. Se muestra la detección de color de varias muestras de diferente color colocadas en la posición de la línea de exploración (ver figura 10, número 5). Las muestras de color rojo (3) dan una señal fuerte del trazado rojo (1), mientras que el trazo azul (2) debe ser menor. Obviamente, las muestras de color azul (4) darán lugar a una señal de detector azul fuerte y rojo claro. En el caso de muestra de color blanco (5) y una negra una (6), tanto las señales del detector rojas (1) y azules (2) correspondientes serán altas y bajas, respectivamente.

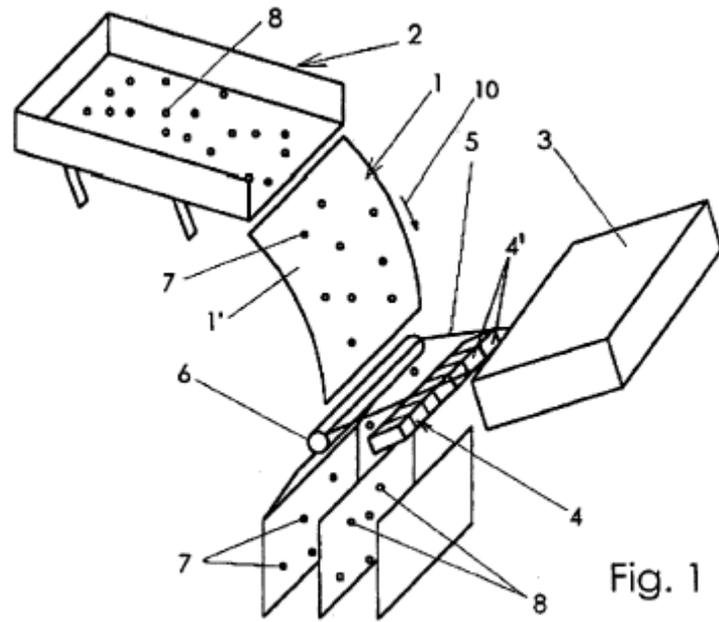
La figura 9 muestra la traza del detector infrarrojo de la señal de dispersión (número 12 en la figura 7). En frente del detector se utiliza un filtro metálico de bloqueo (1) con un diámetro D para rechazar la señal de la reflexión directa en la superficie de la muestra y sólo se transmite la señal dispersada. En la línea de barrido (figura 10, número 5), se coloca un pedazo de papel blanco (no se muestra) que causa una alta reflexión con un alto grado de dispersión. En consecuencia, el detector infrarrojo responderá con una señal baja en la ubicación del papel blanco (2) y una señal alta en el resto de ubicaciones (3).

La Figura 10 muestra las curvas de transmisión para el modo fundamental en una fibra de índice escalonado (1) y una fibra de cristal fotónico constante de modo único (2), respectivamente. Los datos se toman de M. D. Nielsen, J. R. Folkenberg, N. A. Mortensen, y A. Bjarklevh "Bandwidth comparison of photonic crystal fibers and conventional singlemode fibers" Optics Express 12, 430 (2004). El ancho de banda espectral de la transmisión del modo fundamental en la fibra de índice escalonado está claramente limitado por las grandes pérdidas de revestimiento y

5 por el acoplamiento a modos de orden superior en las longitudes de onda altas (3) y bajas (4), respectivamente. Contrariamente a la fibra de índice escalonado, la fibra de cristal fotónico de modo único constante presenta modos sin pérdidas de revestimiento en el lado de las longitudes de onda altas y sólo muestra acoplamiento a modos de orden superior por debajo de la longitud de onda de corte, la cual puede ser mucho menor que en una fibra de índice escalonado. El alto pico alrededor de los 1,4 mm se origina a partir de una línea de absorción de agua que depende del proceso de fabricación.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. El dispositivo de clasificación para caracterizar y clasificar los productos en una corriente de productos con una fuente de radiación que genera un haz de luz que tiene un espectro de banda ancha y medios para mover los productos a través de una zona de detección, por lo que dicho haz de luz incide sobre dichos productos en la zona de detección de tal manera que la luz se dispersa y/o se refleja por los productos, mediante el cual se proporcionan medios de detección para detectar dicha luz dispersada y/o reflejada, dichos medios de detección cooperan con una unidad de procesamiento para la caracterización de los productos, en la que se proporciona un sistema de eliminación para la eliminación de productos no deseados u objetos extraños de la corriente de productos, caracterizado porque dicha fuente de radiación comprende una fuente de radiación supercontinua.
- 10 2. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se proporciona al menos un filtro de ancho de banda que permite el paso de un haz de luz hacia los medios de detección con un ancho de banda mayor que un ancho de banda en el que se generan fenómenos de interferencia en la superficie de los productos.
- 15 3. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que se proporciona al menos un filtro de ancho de banda que permite el paso de un haz de luz hacia los medios de detección con un ancho de banda que está entre los 5 y los 30 nm y, preferiblemente, del orden de los 10 a los 20 nm.
- 20 4. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que al menos un filtro de bloqueo de banda espectral se proporciona en el camino óptico de dicho haz de luz entre dicha fuente de radiación supercontinua y dicha zona de detección, por lo que el filtro de bloqueo de banda espectral impide sustancialmente que la luz que se genera mediante fluorescencia, a través de la incidencia de luz sobre dichos productos con una longitud de onda situada fuera de la banda espectral bloqueada por este filtro, llegue a los medios de detección.
- 25 5. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dichos medios de detección incluyen medios para filtrar componentes espectrales seleccionadas, tales como, por ejemplo, los espejos dicróicos.
- 30 6. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, en el que dicha fuente de radiación supercontinua incluye una fibra de cristal fotónico para generar una radiación supercontinua.
- 35 7. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicha fibra de cristal fotónico es una fibra de modo único continuo.
- 40 8. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho haz de luz se guía por una fibra de modo único continuo de la fuente de radiación hacia un sistema de enfoque para dirigir el haz a la zona de detección.
- 45 9. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, con un elemento de exploración, tal como un espejo poligonal giratorio, para desplazar dicho haz de luz sobre la corriente de productos en la zona de detección.
- 50 10. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el espectro de dicha fuente de radiación comprende luz continua con una longitud de onda de entre los 1100 y los 1600 nm.
- 55 11. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el espectro de dicha fuente de radiación comprende luz continua con una longitud de onda de entre los 1000 y los 3000 nm.
- 60 12. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el espectro de dicha fuente de radiación comprende luz continua con una longitud de onda de entre los 350 y los 3000 nm.
- 65 13. El método para clasificar una corriente de productos en los que al menos un haz de luz se dirige hacia dicha corriente del producto, por lo que los productos se mueven en una dirección particular a través de una zona de detección de tal manera que dicho haz de luz se dispersa y/o refleja, al menos parcialmente, por parte de los productos, mediante el cual los productos se clasifican en función de la luz dispersada y/o reflejada medida y los productos no deseados u objetos extraños se eliminan de la corriente de productos, caracterizado porque dicho haz de luz se genera en una fuente de radiación supercontinua.
14. El método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dicho haz de luz es un supercontinuo generado en una fibra óptica.
15. El método de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, en el que sólo se detectan los componentes espectrales seleccionados de la luz dispersada y/o reflejada.
16. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones hasta la 15, en el que sólo los componentes espectrales seleccionados del haz de luz inciden sobre los productos en dicha zona de detección.



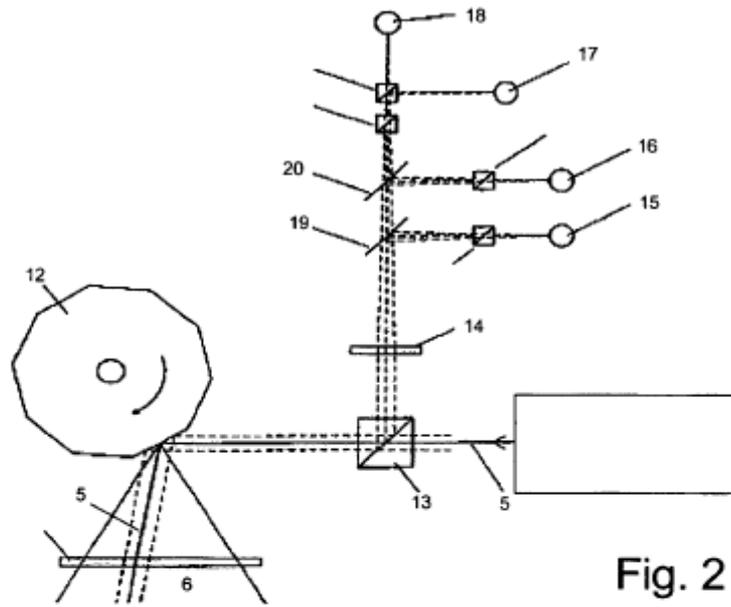


Fig. 2

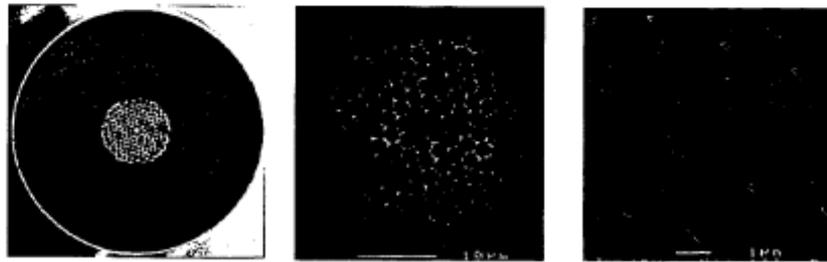


Fig. 3

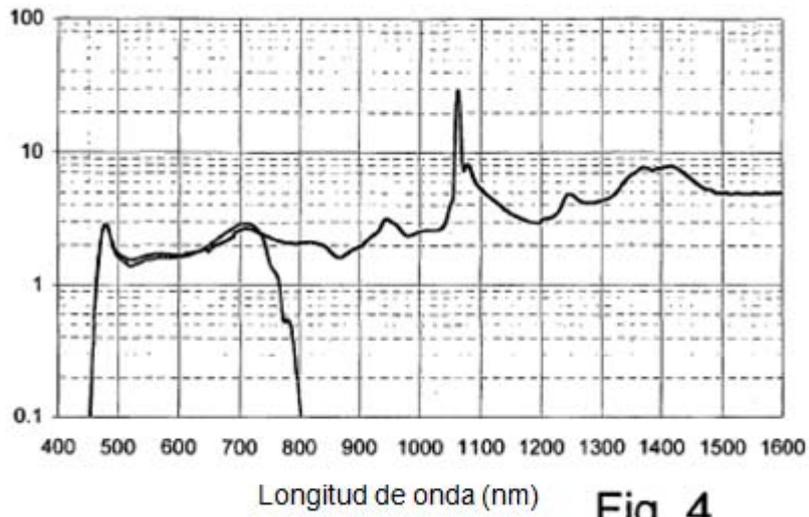


Fig. 4

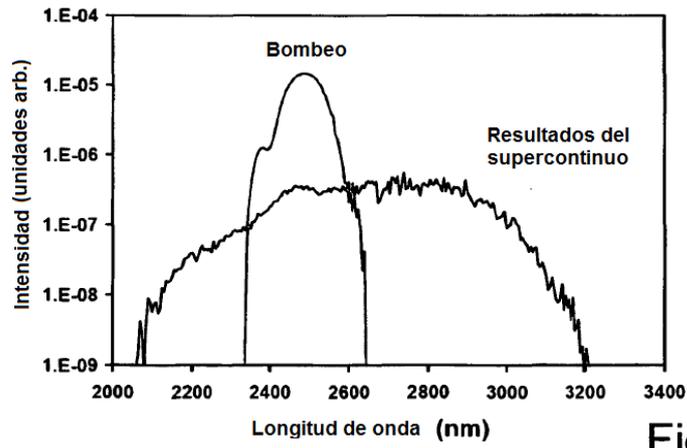


Fig. 5

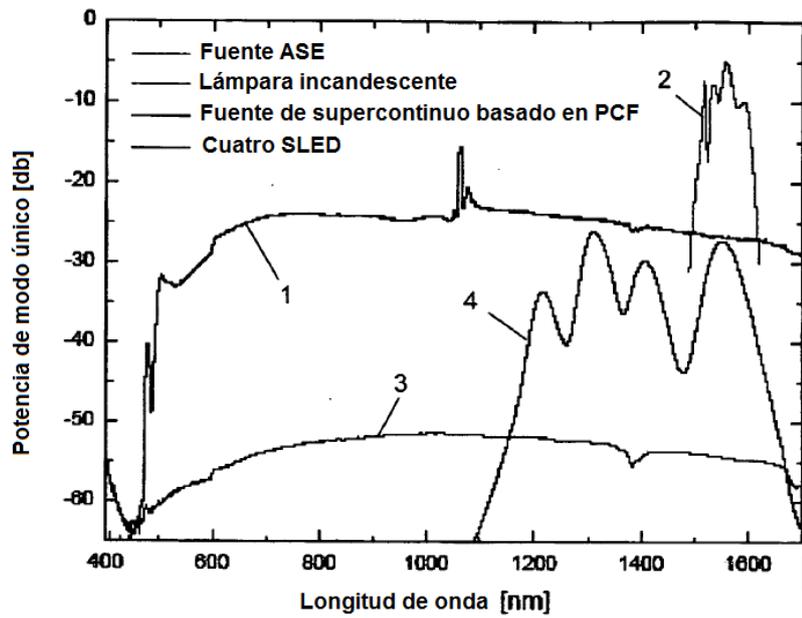


Fig. 6

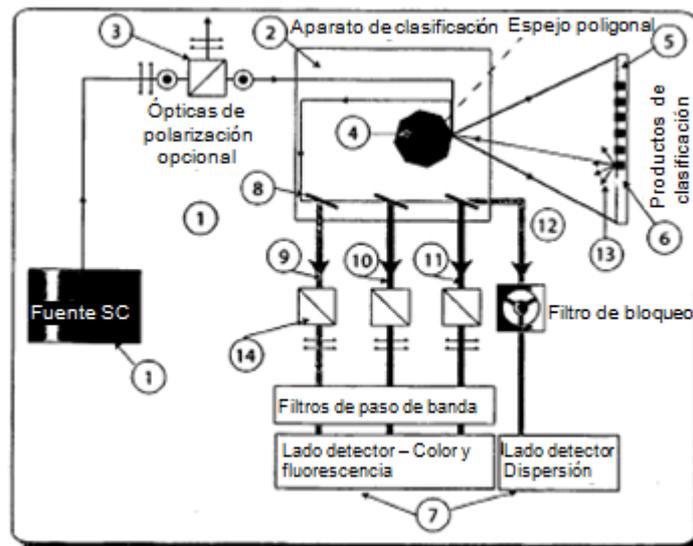


Fig. 7

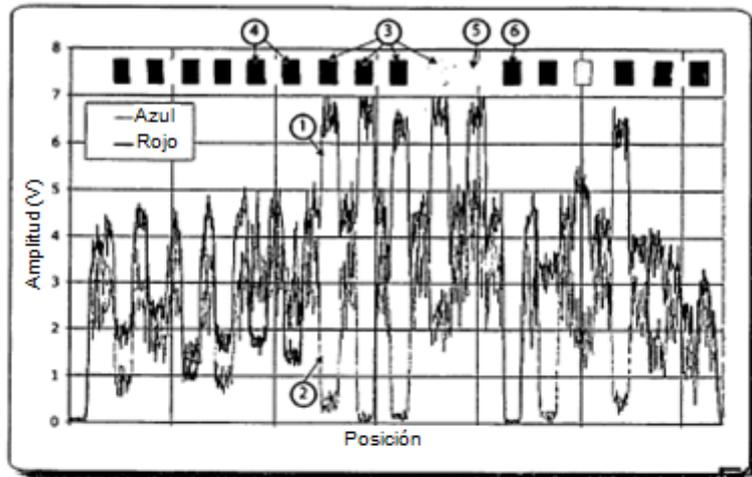


Fig. 8

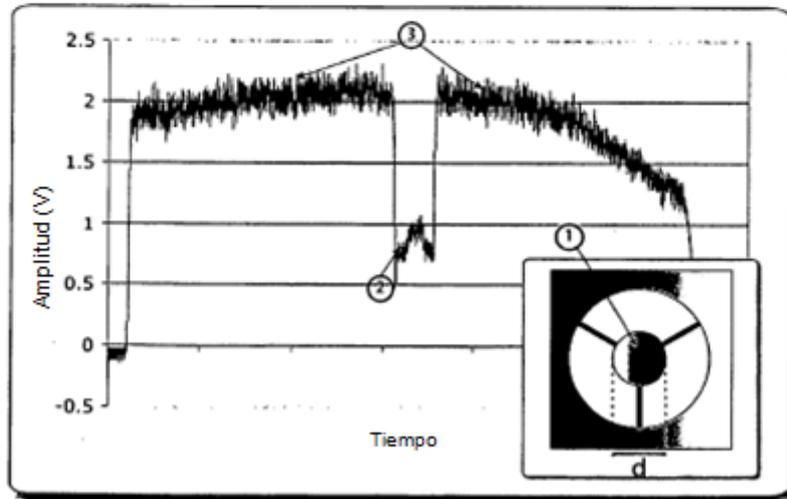


Fig. 9

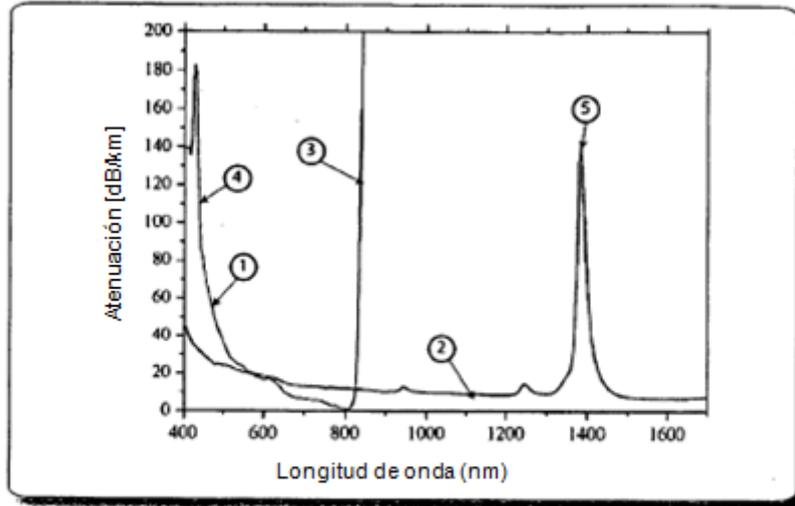


Fig. 10