



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 303 373**

51 Int. Cl.:  
**G01N 21/35** (2006.01)  
**B07C 5/342** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99909425 .3**  
86 Fecha de presentación : **08.02.1999**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1055115**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **29.11.2000**

54 Título: **Método y dispositivo para identificación de un tipo de material en un objeto y utilización del mismo.**

30 Prioridad: **09.02.1998 NO 19980545**

73 Titular/es: **Tomra Systems ASA**  
**Drengsrudhagen 2**  
**1370 Asker, NO**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.08.2008**

72 Inventor/es: **Nordbryhn, Andreas;**  
**Ferber, Alain y**  
**Sagberg, Hakon**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.08.2008**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 303 373 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para identificación de un tipo de material en un objeto y utilización del mismo.

5 La presente invención se refiere a un método y un aparato para identificar un tipo de material en un artículo físico, tal como una botella de plástico o vidrio total o parcialmente transparente, estando el artículo en un movimiento continuo o discontinuo que le hace pasar a través de una estación detectora, iluminando la estación detectora el artículo con rayos de luz de una fuente de radiación infrarroja, detectando los rayos de luz no absorbido que han pasado a través del artículo y, posteriormente, realizando un análisis de correlación de dichos rayos de luz detectados, como se indica en el preámbulo de las reivindicaciones adjuntas 1 y 17.

10 La identificación de diferentes tipos de material y especialmente tipos de plásticos es un área problemática de importancia creciente, en parte como resultado de que los materiales reciclados se están convirtiendo en una prioridad cada vez mayor, tanto desde un punto de vista financiero privado como socio económico. Si los programas de recogida de materiales usados tienen que conseguir la máxima rentabilidad, es esencial asegurar que los materiales son tan puros como sea posible tan pronto como sea posible en la cadena de recogida y manipulación. Los materiales puros tienen un valor como materias primas para reutilización y es un mercado e industria bien desarrollados que tratan con dichos materiales. Si los materiales no son puros, a menudo debe pagarse por su evacuación.

20 Numerosos métodos para identificar diferentes tipos de plásticos se conocen previamente. Un método fiable, que se usa frecuentemente es espectroscopia en el intervalo de infrarrojos. Todos los instrumentos conocidos para dicha identificación espectroscópica de plásticos son costosos, puesto que tanto los elementos de selección de longitud de onda (por ejemplo, filtros o rejillas) como las fuentes infrarrojas y detectores son caros.

25 Como una ilustración de la técnica anterior se hace referencia a VAN DEN BROEK WHAM *ET AL.*: "Identification of Plastics among Nonplastics in Mixed Waste by Remote Sensing Near-Infrared Imaging Spectroscopy. 1. Image Improvement and Analysis by Singular Value Decomposition" ANAL. CHEM., vol. 67, N° 20, 15 de octubre de 1995, páginas 3753-3759, XP000541459 Washington, DC, US. El artículo describe la instalación de una cámara de IR cercano en una instalación experimental para identificación de plástico en tiempo real. Se usa descomposición de valor singular (SVD) para el análisis cualitativo y mejora sustancial de las imágenes multivariable medidas. Las representaciones de los resultados obtenidos proporcionan correlaciones espaciales entre diferentes estructuras pixeladas provocadas por una muestra de material por un lado e imágenes del producto por otro. Las representaciones de los resultados se usan como herramienta para optimizar una instalación experimental y la calidad de la imagen. Las imágenes mejoradas se introdujeron en un nuevo algoritmo de clasificación denominado análisis de rango de imagen multivariable basado en SVD. La filtración se realiza usando filtros del mismo material, aunque con diferentes colores o pasos de banda de longitud de onda.

30 Como otra ilustración de la técnica anterior en relación, entre otros, con el uso de espectroscopía y luz infrarroja, se hace referencia a las Patentes de Estados Unidos 5512752, 4719351, 52065 10, publicaciones de patente de Alemania DE 19601923, 19543134 y 4340795, y las solicitudes de patente japonesas JP-A-9138194, 6288913 y 6210632.

35 Se han desarrollado también otros numerosos métodos y equipos para la detección de plásticos que son algo más baratos que los métodos y equipos espectroscópicos, aunque el resultado de la detección es menos fiable. Los ejemplos de dichos equipos conocidos son detectores triboeléctricos y el detector de doble refracción óptica.

45 Adicionalmente, el uso de la denominada espectroscopía de correlación se conoce en relación con las medidas de gases, tanto para la detección de gases como para la medida de concentración. El gas a analizar se usa como filtro.

50 El objeto de la presente invención es usar una técnica similar para la detección de materiales plásticos. Los espectros de absorción de sustancias sólidas tales como plásticos son muy diferentes de los espectros de absorción de gases. Mientras que los gases tienen muchas líneas muy finas en el espectro, los materiales plásticos tienen menos líneas y más anchas, de manera que como norma, los espectros de diferentes materiales tienen más o menos líneas solapantes. En dicha situación, se obtiene más información sobre el material a identificar midiendo el grado de solapamiento espectral con un número de materiales plásticos diferentes.

55 El método mencionado anteriormente se caracteriza de acuerdo con la invención por

- permitir que los rayos de luz de la fuente de radiación pasen sucesivamente a través de una pluralidad de filtros, eligiéndose un primer número de estos filtros entre un grupo de materiales diferentes total o parcialmente transparentes que tienen características espectrales mutuamente diferentes, siendo al menos uno de los materiales de dicho grupo el mismo que el material a identificar;

- interceptar los rayos de luz que han pasado a través de los filtros y que no ha absorbido el artículo para formar una secuencia de valores medidos que representa identificaciones de transmisión características del artículo; y

65 - realizar un análisis de correlación de una manera conocida de las identificaciones en relación con modelos estadísticos para determinar el tipo de material del artículo.

## ES 2 303 373 T3

De forma similar, el aparato mencionado anteriormente se caracteriza por

- un dispositivo en la estación detectora provisto con una pluralidad de filtros, donde un primer número de estos filtros se elige entre un grupo de materiales diferentes total o parcialmente transparentes que tienen características espectrales mutuamente diferentes para realizar la nitración sucesiva y diferente de los rayos de luz de la fuente de radiación, siendo al menos uno de los materiales en dicho grupo el mismo que el material a identificar,

- un medio dispuesto para interceptar los rayos de luz filtrados por el filtro y no absorbidos por el artículo para formar una secuencia de valores medidos que representan las identificaciones de transmisión características del artículo;

y

- un procesador que incluye un analizador, por ejemplo un microprocesador, adaptado para realizar de una manera conocida un análisis de correlación de las identificaciones en relación con modelos estadísticos para determinar el tipo de material del artículo.

En este documento, debe entenderse que modelos estadísticos se refiere a valores de referencia preestablecidos, los denominados valores de calibrado que están relacionados con las identificaciones de ciertos tipos de material. En las reivindicaciones de patente adjuntas y en la siguiente descripción con referencia a los dibujos adjuntos se muestran realizaciones adicionales del método.

Una aplicación ventajosa del método y aparato sería usarlos en una máquina expendedora inversa para identificar y clasificar botellas de diferentes tipos de material.

La invención se describirá ahora con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos que muestran realizaciones que no definen los límites de la invención.

La Figura 1 ilustra el principio del aparato de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de parte del aparato mostrado en la Figura 1.

La Figura 3 muestra un dispositivo de filtro para usar con el aparato de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 4 es una vista superior de una realización alternativa de un dispositivo de filtro y su localización en una estación detectora.

La Figura 5 muestra una señal de luz medida después del tratamiento preliminar para dar las identificaciones de transmisión como una función del tiempo para un número de materiales diferentes.

La Figura 6 muestra en forma de diagrama de flujo la serie de evaluaciones que debe realizar un procesador de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 7 muestra el resultado del ensayo de la transmisión espectral de los materiales de filtros seleccionados, multiplicado por la transmisión de un filtro envolvente.

La Figura 8 muestra curvas de transmisión medias para tipos de plásticos que se han identificado en una instalación de ensayo.

La Figura 9 muestra una modificación del dispositivo de filtro en la Figura 3.

La Figura 10 muestra una modificación de la Figura 5 usando el dispositivo de filtro de la Figura 9.

El aparato de acuerdo con una realización de la invención tiene una estación detectora, que incluye una fuente de radiación infrarroja 1 que tiene un elemento caliente 2 que emite rayos infrarrojos 3, opcionalmente mediante un espejo 4. La fuente de radiación 1 tiene una apertura de iluminación 5 y el rayo infrarrojo se guía hacia un dispositivo de filtro 6, preferiblemente compuesto por un disco rotatorio 7, redondo o poligonal, que mediante un árbol de rotación 8 se hace que gire mediante un motor 9 al que mediante una conexión por cable 12, 13 se le suministra corriente eléctrica bajo el control de un microprocesador 11. El dispositivo de filtro de luz 6 está provisto con una pluralidad de filtros de luz diferentes 10. En una versión de ensayo preferida, como se muestra en la Figura 3, el número elegido de filtros de luz es diez.

Para proporcionar una limitación de la longitud de onda, sería ventajoso proporcionar un filtro envolvente 14 entre la apertura de iluminación 5 de la fuente de radiación 1 y el dispositivo de filtro 6. Adicionalmente, también es ventajoso colocar un diafragma 15 en la trayectoria del rayo de luz. Los filtros 10 proporcionados sobre el dispositivo de filtro en forma de rueda o de disco rotatorio están compuestos al menos en parte por numerosas piezas transparentes a la luz de diferentes tipos de material plástico, por ejemplo seleccionados entre el grupo de materiales compuesto por polietilentereftalato, polietilennaftalato, cloruro de polivinilo, polipropileno, polietileno, poliestireno, copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno, polimetil metacrilato, poliamida, poliuretano, polisulfonato y policarbonato. Además, al menos uno de los filtros puede ser opcionalmente de vidrio, por ejemplo de vidrio Pirex®.

## ES 2 303 373 T3

Aunque la Figura 1 muestra el orden del filtro envolvente 14, el dispositivo de filtro 6 y el diafragma 15 preferidos actualmente, debe entenderse que su posición relativa de unos respecto a los otros puede ser diferente. Similarmente, se concibe que uno o más de estos componentes puede situarse por ejemplo en el lado opuesto de la cinta transportadora 17. Adicionalmente, es posible que por ejemplo el diafragma 15 y el filtro envolvente 14 puedan hacerse en forma de una sola unidad o que el dispositivo de filtro 6 y el diafragma 15 puedan combinarse en una unidad.

En la Figura 3 los filtros 10 usados en el dispositivo de filtro se indican por las referencias  $10_n$  y en el ejemplo elegido  $n=1...10$ . Sin embargo, se entenderá que son posibles más o menos filtros dentro del alcance de la invención como se hace referencia en relación con la Figura 4.

De los filtros mostrados en la Figura 3, el filtro  $10_1$  forma un filtro de referencia que preferiblemente está hecho de un diafragma espectralmente uniforme o sin material 16 (véase la Figura 2). El filtro  $10_2$  es de un material opaco, por ejemplo completamente negro, evitando de esta manera el paso de rayos de luz a su través. Debido a esta área que limita la penetrabilidad de los rayos de luz a través del diafragma o apertura 16, el filtro  $10_1$  produce un valor de la señal de referencia del pico en las secuencias de valores medidos. La impenetrabilidad del rayo de luz del filtro  $10_2$  creará un valor de referencia más bajo en la secuencia de valores medidos.

En la instalación de ensayo, los otros filtros  $10_3, 10_4, 10_5, 10_6, 10_7, 10_8, 10_9$  y  $10_{10}$  se eligen entre materiales compuestos respectivamente de policarbonato (PC), poliestireno (PS), polietilentereftalato (PET), vidrio (vidrio Pirex®), cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE), polipropileno (PP), y polietileno con una película aplicada, denominado aquí UK21. Después de que los rayos de luz se hayan hecho pasar por el diafragma 15, posiblemente se un poco más concentrados (colimados) que lo indicado en la Figura 1 pasado sobre una cinta transportadora 17 y después por un detector 18 con una lente 18', opcionalmente mediante un espejo concentrador 19.

En aquellos casos donde el artículo a detectar es una botella, la botella puede transportarse en una posición recta como se indica mediante el número de referencia 20 o en una posición horizontal como se indica mediante el número de referencia 21. La cinta transportadora 17 se acciona mediante un rodillo accionador 22 desde un motor 23 y el funcionamiento del motor puede controlarse desde el microprocesador 11 mediante un cable de control 24. Si es deseable provocar que el artículo a detectar se detenga en la zona de detección u opcionalmente pase a una velocidad reducida, esto puede controlarse desde el microprocesador 11 mediante la salida 24 al motor 23. La cinta transportadora 17 puede ser de cualquier tipo. Si la botella se transporta en una posición horizontal, como se indica mediante el número de referencia 21, la cinta transportadora, por ejemplo, puede estar compuesta por cuerdas o cables espaciados continuos.

La cinta transportadora 17 puede moverse de forma continua o discontinua. La cinta transportadora puede concebirse también como una placa rotatoria que se acciona continuamente o discontinuamente.

También es concebible que las botellas puedan llegar a la zona de detección (es decir, en el rayo de luz 3) a intervalos tales que la botella pueda mantenerse inmóvil allí durante un breve instante. Si el mecanismo de transporte 17, por ejemplo, no está basado en una cinta, sino que es un tubo o rampa, la botella podría mantenerse inmóvil durante un breve instante en la zona de detección de manera que la determinación del tipo de material de la botella puede realizarse fácilmente cuando los rayos de luz pasan hacia el canal o rampa de transporte a través de una abertura en su interior y salen a través de una abertura en el otro lado de la rampa.

Haciendo girar el dispositivo de filtro 6 con su disco 7 que contiene los filtros 10, los filtros a su vez entrarán en la trayectoria de la transmisión de luz de los rayos de luz 3. Una secuencia de pulso de señal de intensidad variable, una para cada filtro usado, se emitirá de esta manera desde el detector 18. La intensidad de señal de los valores medidos en la secuencia dependerá del tipo de material en el artículo que se examina y además será muy característico para cada tipo de material, especialmente cuando se usan materiales plásticos típicos para el artículo.

Los artículos examinados de esta manera, junto con los filtros sucesivos, dan lugar a una secuencia de identificaciones de transmisión características para cada artículo individual.

La presente invención podría usarse ventajosamente para identificar numerosos materiales plásticos típicos tales como polietilentereftalato (PET), polietilennaftalato (PEN) cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE) polipropileno (PE), polipropileno (PP), policarbonato (PC), poliestireno (PS), copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), polimetil metacrilato (PMA), poliamida (PA), poliuretano (PUR), polisulfonato (PSU) etc. Los mismos materiales que aquellos que se tienen que identificar se usan como materiales de filtro para los filtros 10 (véanse los filtros  $10_3-10_{10}$  en la Figura 3). La selectividad que puede obtenerse aumentará adicionalmente, cuantos más filtros y materiales de filtro se usen. Un dispositivo de filtro 6 tal como el mostrado en las Figuras 1, 2 y 3, potencialmente será muy barato de fabricar, puesto que los materiales plásticos usados como filtros son muy baratos, y al mismo tiempo permite el paso de radiación en un amplio intervalo de longitud de onda. Esto hace que la radiación transmitida total sea alta, lo que a su vez permite el uso de detectores 18 de tipo tales que son baratos, por ejemplo detectores piroeléctricos, detectores termoelectrónicos o fotoconductores no refrigerados tales como PbS y PbSe. Será posible optimizar la selectividad del método y aparato de acuerdo con la invención limitando el intervalo espectral usado a un intervalo de longitud de onda en el que los materiales usados tengan diferentes rasgos espectrales o identificaciones de transmisión características. Una limitación de esta clase puede hacerse usando filtros de paso de banda y un ejemplo de dicho filtro se indica con el número de referencia 14 en la Figura 1. El intervalo de longitud de onda, por ejemplo, puede extenderse desde

## ES 2 303 373 T3

aproximadamente 3 micrómetros a aproximadamente 4 micrómetros, preferiblemente de 2 a 2,5 micrómetros o, como alternativa, de aproximadamente 1,6 a 1,8 micrómetros.

5 Por supuesto, pueden concebirse otros intervalos de longitud de onda en relación con otros materiales plásticos posibles que se van a detectar.

La secuencia repetida de pulsos de señal emitidos desde el detector puede observarse en la Figura 5 como un ejemplo típico. Estos pulsos de señal se hacen pasar a un convertidor analógico/digital 25 desde el que las señales se hacen pasar al microprocesador 11. Como se muestra en la Figura 5, el filtro de referencia 10<sub>1</sub> proporcionará un pulso de referencia distinguible denominado "Ref" en la Figura 5. El material de filtro opaco 10<sub>2</sub> producirá el valle de señal que se indica mediante la referencia Opaco. El espectro de señal contiene de esta manera un pico de señal de referencia provocado por la luz no filtrada de área limitada y la señal de referencia a través de esto se debe a un bloqueo de los rayos de luz. El microprocesador 11 analizará sucesivamente cada uno de los otros picos de señal en la secuencia de valores medidos, por ejemplo, el pico de señal 27 (figura 5) relativo a un valor medio 28 de dos valles de señal adyacentes.

En base a las medidas tomadas, será posible calcular un valor de transmisión de luz para un artículo basado de un pico de señal respectiva menos dicho valor medio. Dichos valores pueden determinarse opcionalmente en base a una intensidad de señal normalizada como puede observarse a partir de la Figura 5. Como muestra la Figura 5, en una instalación de ensayo era posible realizar un ciclo de escaneo en el transcurso de aproximadamente 70 milisegundos. El microprocesador 11 funciona de manera que durante el cálculo de los valores de transmisión de luz recoge la secuencia de valores de transmisión de luz calculados a partir de un ciclo de señal en un vector compuesto por n elementos, donde n es igual al número de filtros y compara esto con los valores medios correspondientes para una secuencia de señal posterior o secuencia de escaneo.

25 El microprocesador 11 es capaz de calcular el valor medio de dos valores de secuencia de señal sucesivos y derivar con ayuda de una operación de calibrado o identificación, por ejemplo, análisis de discriminación PLS (mínimos cuadrados parciales), una característica única del tipo de material del que está hecho el artículo. Esta operación de calibrado e identificación incluye el uso de un algoritmo de calibrado e identificación.

30 Aunque el diseño del dispositivo de filtro mostrado y descrito en relación con las Figuras 1-3 puede ser típicamente igual que el mostrado en las Figuras 2 y 3, es bastante concebible que los filtros 10 dispuestos en el dispositivo de filtro 6 puedan situarse más cerca unos de otros.

35 Como alternativa, es posible que el dispositivo de filtro pueda tener la apariencia de una estructura de tipo tambor, producido por ejemplo usando aluminio extruido o plástico. El tambor 31, en la realización ejemplar propuesta, puede tener un árbol de rotación vertical u horizontal dependiendo del diseño y posición de la fuente de radiación 1. El tambor 31 está soportado por brazos 32 que se aseguran al árbol de rotación 34 del motor accionador 33. Los filtros pueden situarse en secciones abiertas 31' en la pared del tambor. Dividiendo la pared del tambor como se muestra en la Figura 4, será posible colocar un total de 16 filtros. Sin embargo, se entenderá inmediatamente que sería posible colocar un número mayor o menor de filtros en el tambor, dependiendo del número de aberturas de filtro que se proporcionen. La sección transversal del tambor puede ser circular u opcionalmente puede tener una sección transversal poligonal.

45 También es concebible que el tambor 31 pueda situarse en el lado detector de la cinta transportadora 17, por ejemplo girando alrededor del detector 18 en lugar de alrededor de la fuente de radiación 1.

El motor 33 que hace girar el tambor 31 puede ser, por ejemplo, un motor DC tal como el motor 9 en la Figura 1.

50 Cuando un artículo tal como una botella 20 ó 21 se pone en la trayectoria luminosa entre la fuente de radiación 1 y el detector 18, para cada vuelta del dispositivo de filtro, se realiza una irradiación con n características espectrales diferentes, dependiendo del número de filtros usados. La radiación transmitida se mide de forma continua por el detector. Puede instalarse un amplificador de señal en el detector y a través del análisis de los valores de transmisión será posible realizar una clasificación fiable de los diferentes tipos de plástico. En un ensayo rudimentario de la presente invención, cuando se ensaya un número limitado de artículos, se obtuvo una precisión del 80%, mientras que el 16% no pudo clasificarse y el 4% se clasificaron incorrectamente. Sin embargo, debe entenderse que un refinado del algoritmo de calibrado o identificación y del equipo usado aumentará la precisión de las medidas.

60 Los filtros usados en el dispositivo de filtro 6 están compuestos típicamente por partes de sectores de un círculo. Además de los diversos polímeros se encontró que el vidrio Pyrex® era adecuado como material de filtro. La transmisión espectral de los materiales de filtro multiplicada por la transmisión del filtro envolvente 14 puede observarse con mayor detalle en la Figura 7. Sin embargo, no debe considerarse de ninguna manera que los materiales de filtro mostrados en esta figura definen los límites de la aplicación de la invención.

65 La Figura 8 muestra las curvas de transmisión medias para cada uno de los tipos de plástico en cuestión que se identificaron durante los ensayos preliminares.

De acuerdo con un prototipo y realización preferida de la invención, el filtro envolvente 14 limitaba el intervalo de longitud de onda a 2,9-3,8 micrómetros. Sin embargo, se entenderá que pueden emplearse también otros intervalos

de longitud de onda usando otros filtros. El diafragma 15, que determina cuanta radiación pasa a través y se envía hacia el artículo, asegurará también que los rayos de luz pasan a través de un solo filtro cada vez. El diafragma puede tener un diámetro fijo o variable y se ha encontrado que un diámetro apropiado es 13 milímetros, aunque esto no debe concebirse de ninguna manera como que define los límites de la invención.

En la Figura 2, para los fines de ilustración, se supone que la radiación que alcanza al artículo tal como una botella 20 ó 21, no se desvía de la misma. Sin embargo, en la práctica, los rayos de luz se refractarán dependiendo del ángulo y de en qué parte de la botella caigan. Sin embargo, algunos rayos de luz que pasan a través del artículo siempre golpearán al detector 18 opcionalmente mediante el espejo 19.

En particular, cuando se detectan botellas, sería ventajoso transportar estas en una posición horizontal y concentrar el área de detección en la parte del cuello de la botella.

Un amplificador sencillo con pasos de filtro alto y bajo puede construirse hacia o conectarse al detector. En una instalación de ensayo, a la señal del detector se le dio una secuencia de aproximadamente 170 Hz y de esta manera periódicamente tenía una frecuencia de 170/10 ecualizada a 17 Hz (debido a los 10 filtros en el dispositivo de filtro 6). Para cada medida, se muestrearon 4-5 periodos con lo que se realizó un suavizado digital y normalizado, la frecuencia de señal se calculó y el punto de referencia (señal máxima) se localizó. La Figura 5 muestra la señal según aparece después de este proceso.

Como se ha indicado anteriormente, los valores de transmisión se calculan según el nivel del pico de señal respectivo menos el valor medio de dos "zonas bajas próximas". Los valores calculados se recogen en un vector de 10 elementos y se comparan con los valores correspondientes para una secuencia de señal posterior. Si la señal varía excesivamente, la medida se rechaza aunque si la señal es aceptable se calculan valores medios y después se pasan a los algoritmos de calibrado e identificación.

En la Figura 1, el número de referencia 29 indica el equipo periférico asociado con el microprocesador 11 tal como el equipo para devolver el depósito de artículos recibidos tal como botellas devueltas y para dar información a una persona que está manejando el aparato si es una parte de una máquina expendedora inversa. El número de referencia 30 indica otro equipo periférico tal como un equipo para después del tratamiento en forma de por ejemplo dispositivos de clasificación, compactadoras, cortadoras de material, transportadores adicionales etc.

En la Figura 6, a modo de sumario, las etapas de proceso que deben realizarse para clasificar un artículo que entra en una estación detectora se indican en términos generales.

El bloque 35 indica que el sistema está esperando para que un artículo entre en la trayectoria de radiación. Cuando dicho artículo está presente, el bloque 36 indica que los datos de medida se suministran al detector 18 con el procesado de señal digital posterior en el conversor A/D 25 y con el cálculo de los valores de transmisión con ayuda del microprocesador 11. El bloque de decisión 37 indica que el microprocesador 11 considera así que la secuencia de los valores recibidos y medidos analizados varía con el tiempo. Si este es el caso, los valores medidos deben suministrarse y procesarse de nuevo. Sin embargo, si no es el caso, se tomará una nueva decisión como se representa mediante el bloque 38 con respecto a si el nivel de señal está dentro de un intervalo aceptable predeterminado. Si ese no es el caso, como se indica mediante el bloque 39, por ejemplo que el artículo del que se toma la medida de ensayo es demasiado grueso o demasiado fino, la medida se rechazará y el artículo no se aceptará. En dicho caso, es posible que el equipo periférico, como se indica en la Figura 1 mediante el número de referencia 34, transporte el artículo recibido de nuevo a la persona que lo ha insertado u opcionalmente transporte el artículo a un receptáculo para artículos no identificados.

Sin embargo, si el nivel de señal está en un intervalo aceptable, el artículo se clasificará como se indica en el bloque 40 permitiendo de esta manera que el artículo se transporte al tratamiento adicional correcto, sea la compactación del artículo o el corte del mismo o reutilización del artículo. Esto se indica de forma general con el número de referencia 41 que también incluye la posibilidad, mediante el equipo periférico 29 de imprimir un recibo para la persona que inserta el artículo mostrando el valor del depósito de retorno, si lo hubiera, del artículo.

Durante el ensayo de un prototipo del aparato de acuerdo con una realización de la invención, el calibrado se realizó mediante un método que se denomina de forma general análisis de discriminación PLS, en el que PLS en relación con esto significa "mínimos cuadrados parciales", y es un método usado en el calibrado de instrumentos con muchos intervalos de longitud de onda y en el que los intervalos de longitud de onda individuales pueden correlacionarse. Este tipo de análisis es muy adecuado para distinguir entre dos fracciones. Una de las fracciones puede ser un valor dado de +1 mientras que la otra fracción puede ser un valor dado de -1, y el análisis PLS puede usarse entonces para encontrar un vector de regresión óptimo que distingue las dos fracciones en condiciones dadas. En el caso de que por ejemplo se usen diez filtros como se muestra en la Figura 3, todo el cálculo necesario para encontrar a qué fracción pertenece una muestra desconocida será multiplicar el vector de regresión por la secuencia de valores medidos que se obtienen cuando pasan diez filtros. En este caso específico, se calculan ocho vectores de regresión en el que el primero divide el espacio multidimensional en dos. Examinando la descomposición con ayuda de un procedimiento de análisis conocido de por sí, se observa que PC, PEN y PET constituyen una fracción mientras que PE, PP, PS y PVC constituyen una segunda fracción del intervalo de longitud de onda típico de 2,8-3,9 micrómetros. Después de que PC, PEN y PET se hayan separado como una fracción, se calcula un vector de regresión que separa PEC, uno de los cuales separa PEN y uno separa PET de esta fracción. Se usa una metodología similar para los otros tipos de plásticos.

Este método es sencillo de por sí y dará resultados satisfactorios aunque un inconveniente de análisis discriminantes de PLS es que intenta representar todos los artículos de un tipo como un entero 1 mientras que todos los demás tipos se representan como el entero -1. El vector de regresión usado por lo tanto no es muy óptimo incluso aunque el método de análisis sea sencillo. El uso de análisis discriminante PLS por lo tanto sólo se menciona como un método de análisis posible. Otros métodos posibles de análisis son por ejemplo “análisis de componente principal”, correlación directa, discriminación de Mahalanobis, análisis de red neural y lógica “fuzzy”.

Como se ha mencionado anteriormente, un artículo que debe detectarse se transporta a través de la estación detectora en un movimiento continuo o discontinuo. El movimiento discontinuo, por ejemplo, puede ser que el artículo cuando entra en la trayectoria del chorro de luz 3 se hace detener brevemente una vez u opcionalmente varias veces con pequeños movimientos intermedios. Si un artículo, por ejemplo una botella, está revestido con grandes etiquetas esto puede ser la causa de que el artículo gire en la estación detectora hasta que se registra una intensidad de señal máxima a través del filtro de referencia tal como el filtro 10' en la Figura 3. En dicho caso, será ventajoso si el artículo tal como una botella se transportara en una posición horizontal como se indica mediante el número de referencia 21 y que la estación detectora esté equipada para hacer girar el artículo en la forma del equipo periférico que pertenece al bloque 3.

En una ejecución preferida de la invención, el cuello de la botella en particular será adecuado como material de detección.

La Figura 9 muestra una modificación del disco de filtro 7 que puede observarse en la Figura 3. Esta Figura 8 muestra una modificación del disco de filtro 7 que puede observarse en la Figura 3. En esta versión elegida del disco que lleva el filtro que no define los límites de la invención se proporciona un total de ocho filtros 10 de los cuales el filtro 10<sub>1</sub> es un filtro de referencia completamente transparente que preferiblemente aunque no necesariamente está hecho de una apertura 16 en forma de diafragma pero sin material (es decir, abierto) (véase la Figura 2). Los otros filtros 10<sub>2</sub>, 10<sub>3</sub>, 10<sub>4</sub>, 10<sub>5</sub>, 10<sub>6</sub>, 10<sub>7</sub> y 10<sub>8</sub>, pueden seleccionarse entre por ejemplo los siguientes materiales: policarbonato (PC), poliestireno (PS), polietilentereftalato (PET), vidrio (vidrio Pirex<sup>®</sup>), cloruro de polivinilo (PVC) polietileno (PE), polipropileno (PP), y polietileno. Entre los filtros adyacentes 10<sub>1</sub>, 10<sub>2</sub>, 10<sub>3</sub>, 10<sub>4</sub>, 10<sub>5</sub>, 10<sub>6</sub>, 10<sub>7</sub> y 10<sub>8</sub> se disponen diafragmas sin filtro respectivos o diafragmas del mismo material de filtro en toda o en área de luz limitada por diafragma, indicado como 42<sub>1</sub>, 42<sub>2</sub>, 42<sub>3</sub>, 42<sub>4</sub>, 42<sub>5</sub>, 42<sub>6</sub>, 42<sub>7</sub> y 42<sub>8</sub>, respectivamente. Los diafragmas o aperturas 42 ayudarán a producir valores de referencia medios entre los valores medios de las identificaciones espectrales en la secuencia de valores medios obtenidos cuando los rayos de luz pasan sucesivamente a través de los filtros 10. Esto hará que la determinación de dichos valores medidos sucesivamente sea más exacta porque siempre hay valores de referencia en cada lado del valor medido de la identificación.

Si es deseable medir la rotación del disco 7', la señal obtenida a través del filtro 10<sub>1</sub> producirá una referencia inicial (mayor amplitud que la obtenida a través de las aperturas 42<sub>1</sub>, 42<sub>2</sub>, 42<sub>3</sub>, 42<sub>4</sub>, 42<sub>5</sub>, 42<sub>6</sub>, 42<sub>7</sub> y 42<sub>8</sub>), mientras que los diafragmas o aperturas 42 producirán una indicación de posición posterior para los valores medidos de identificación posteriores e indicarán también la velocidad de rotación del disco 7' (número de pulsos desde los diafragmas/aperturas 42 por unidad de tiempo).

## REIVINDICACIONES

1. Un método para identificar un tipo de material en un artículo físico (20; 21) tal como una botella de plástico o vidrio total o parcialmente transparente, el artículo en un movimiento continuo o discontinuo provocado para pasar a través de una estación detectora (1-16, 18, 19, 25), mediante una estación detectora que ilumina el artículo con rayos de luz desde una fuente de radiación infrarroja (1), detectar rayos de luz no absorbidos que han pasado a través del artículo y realizar posteriormente un análisis de correlación de dichos rayos de luz detectados **caracterizado** por
  - permitir que los rayos de luz de la fuente de radiación (1) pasen sucesivamente a través de una pluralidad de filtros (10), eligiéndose un primer número de estos filtros ( $10_3$ - $10_{10}$ ) entre un grupo de materiales diferentes, total o parcialmente transparentes que tienen características espectrales mutuamente diferentes, siendo al menos uno de los materiales de dicho grupo el mismo que el material a identificar;
  - interceptar los rayos de luz que han pasado a través de los filtros (10) y que no han sido absorbidos por el artículo (20, 21) para formar una secuencia de valores medios que representa identificaciones de transmisión características del artículo; y
  - realizar de una manera conocida un análisis de correlación de las identificaciones en relación con modelos estadísticos para determinar el tipo de material del artículo (20; 21).
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos un filtro ( $10_1$ ) en un segundo número de dicha pluralidad de filtros (10) se configura como una apertura en forma de diafragma sin material (16).
3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que de dicho segundo número de dichos filtros (10) se eligen dos de los filtros ( $10_1$ ,  $10_2$ ) para proporcionar una penetrabilidad de rayo de luz de área limitada a través de dicho diafragma o apertura (16) para producir un valor de referencia al pico de señal en la secuencia de valores medios e impenetrabilidad del rayo de luz para producir un valor de referencia valle en la secuencia de valores medidos respectivamente.
4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 ó 3 en el que la secuencia de valores medidos producen valores de medida de referencia que son adyacentes a los valores medidos de identificación respectivos.
5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 3 ó 4 en el que en la secuencia de valores medios se proporciona al menos un pico de señal de referencia provocado por luz no filtrada a través del material de área limitada y analizar sucesivamente cada uno de los otros picos de señal (27) en la secuencia de valores medios respecto a un valor medio de (28) de dos valles de señal adyacentes.
6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 3, 4 ó 5, en el que se proporciona una limitación de la longitud de onda (14) en la trayectoria de radiación entre la fuente de radiación (1) y un detector (18) en la estación detectora (1-16, 18, 19, 25).
7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que se proporciona un diafragma parcial (15) de los rayos de luz en la trayectoria de radiación entre la fuente de radiación (1) y un detector (18) en la estación detectora (1-16, 18, 19, 25).
8. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los rayos de luz que pasan a través del artículo (20, 21) se desvían hacia un detector (18) en la estación detectora (1-16, 18, 19, 25) mediante un espejo concentrador (19).
9. El método de acuerdo con la reivindicación 5 en el que en la secuencia de valores medidos se proporciona al menos un valle de señal de referencia (Opaco) provocado bloqueando los rayos de luz; y en el que cada uno de los otros valles de señal en la secuencia de valores medidos se analiza para formar dicho valor medio (28) de dos valores de señal adyacentes respecto a picos de señal sucesivos (27).
10. El método de acuerdo con la reivindicación 5 ó 9 en el que se calcula un valor de transmisión de luz para un artículo (20; 21) basado en el valor del nivel (26) de un pico de señal respectivo (27) menos dicho valor medio (28).
11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que los valores de transmisión de luz calculados a partir de un ciclo de señal se recogen en un vector que contiene n elementos, siendo n el número de filtros, y en el que se realiza una comparación con los valores correspondientes para un período de señal posterior.
12. El método de acuerdo con la reivindicación 11 en el que una medida de artículo se rechaza si la diferencia entre dos valores de periodo de señal sucesivos supera un umbral dentro de una secuencia de medida por lo demás aceptable.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que se calcula el valor medio de dos valores de periodo de señal sucesivos, y en el que la ayuda de una operación de calibrado e identificación, por ejemplo análisis de



## ES 2 303 373 T3

discriminación por mínimos cuadrados parciales, se deriva una característica única del tipo de material del que está hecho el artículo (20, 21).

14. El método de acuerdo con la reivindicación 13 en el que la operación de calibrado e identificación incluye el uso de un algoritmo de calibrado e identificación.

15. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se hace que los filtros (10) se muevan a lo largo de una trayectoria circular.

16. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que al menos uno de los filtros ( $10_3$ - $10_{10}$ ) del primer número de filtros se elige entre el grupo de materiales compuesto por polietilentereftalato, polietilennafthalato, cloruro de polivinilo, polipropileno, polietileno, poliestireno, policarbonato, copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno, polimetil metacrilato, poliamida, poliuretano, polisulfonato y vidrio.

17. Un aparato para identificar un tipo de material en un artículo físico (20, 21) tal como una botella de plástico o vidrio, total o parcialmente transparente, que comprende una estación detectora (1-16, 18, 19, 25), una cinta transportadora (17), un medio (11) para controlar que la cinta transportadora provoque que el artículo se mueva continua o discontinuamente y pase a través de la estación detectora; una fuente de radiación infrarroja (1) para irradiar el artículo con rayos de luz, un medio para detectar los rayos de luz que han pasado a través del artículo no absorbido y un medio para realizar posteriormente un análisis de correlación de dichos rayos de luz detectados **caracterizado** por

- un dispositivo (6) en la estación detectora provisto con una pluralidad de filtros (10), donde un primer número de estos filtros se eligen entre un grupo de materiales total o parcialmente transparentes y diferentes que tienen características espectrales mutuamente diferentes para realizar filtración sucesiva y diferente de los rayos de luz desde la fuente de radiación (1), al menos uno de los materiales en dicho grupo es el mismo que el material a identificar,

- un medio dispuesto para interceptar los rayos de luz filtrados por el filtro y no absorbidos por el artículo (20, 21) para formar una secuencia de valores medios que representan identificaciones de transmisión características del artículo; y

- un procesador (11) que incluye un analizador, por ejemplo un microprocesador adaptado para realizar un análisis de correlación de una manera conocida de las identificaciones en relación con modelos estadísticos para determinar el tipo de material del artículo (20, 21).

18. El aparato de acuerdo con la reivindicación 17, en el que al menos un filtro ( $10_1$ ) entre un segundo número de dicha pluralidad de filtros (10) se configura como una apertura en forma de diafragma pero sin material (16).

19. El aparato de acuerdo con la reivindicación 18, en el que entre dicho segundo número de dichos filtros (10) dos de los filtros ( $10_1$ ,  $10_2$ ) tiene una penetrabilidad de área limitada para dichos rayos de luz a través de dicho diafragma o dicha apertura (16) para crear un valor de referencia de pico de señal en la secuencia de valores medidos y una impenetrabilidad a rayos de luz para producir un valor de referencia valle en la secuencia de valores medidos.

20. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17, 18 ó 19 en el que los filtros (10) se disponen en un disco rotatorio redondo o poligonal (7) para moverse en una trayectoria circular.

21. El aparato de acuerdo con la reivindicación 17, en el que la estación detectora (1-16, 18, 19, 25) comprende un detector (18) y en el que los filtros se disponen en la pared de un tambor (31) que puede girar alrededor de una fuente de radiación IR o dicho detector (18) en la estación detectora (1-16, 18, 19, 25) y porque el tambor (31) tiene una sección transversal circular o poligonal.

22. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones, 17, 20 ó 21 en el que se dispone entre filtros adyacentes (10) una apertura de diafragma o una apertura con un material transparente a la luz que es uniforme para todas las aperturas.

23. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17-22 en el que la estación detectora (1-16, 18, 19, 25) comprende un detector (18) en el que se proporciona un filtro envolvente (14) que limita la longitud de onda en la trayectoria de radiación entre la fuente de radiación (1) y un detector (18) en la estación detectora (1-16, 18, 19, 25).

24. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17-23, en el que un diafragma (15) se dispone en la trayectoria del rayo de luz.

25. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17-24, en el que la estación detectora (1-16, 18, 19, 25) comprende un detector (18) y en el que en asociación con un detector (18) en la estación detectora (1-16, 18, 19, 25) se proporciona un espejo concentrador para guiar los rayos de luz que pasan a través del artículo (20, 21) a dicho detector (18) en la estación detectora (1-16, 18, 19, 25).

## ES 2 303 373 T3

26. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17, 18 ó 19 en el que la estación detectora (1-16, 18, 19, 25) comprende un detector (18) en el que el procesador (11) está adaptado para registrar al menos un pico de señal de referencia en la secuencia de valores medidos de identificación a partir de dicho detector (18) en la estación detectora (1-16, 18, 19, 25) provocada por la luz no filtrada.

27. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 26, **caracterizado** porque el procesador (11) está adaptado también para registrar al menos un valle de señal de referencia (Opaco) en la secuencia de valores medidos de señales provocadas por el bloque de rayos de luz, y porque el procesador (11) tiene también un análisis para analizar sucesivamente cada uno de los picos de señal (27) en la secuencia de valores medidos respecto a un valor medio (28) de dos valles de señal adyacentes.

28. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 27, en el que el procesador (11) está adaptado para calcular la identificación de transmisión de luz para un artículo (20, 21) basado en el valor de nivel (26) de un pico de señal respectivo (27) menos dicho valor medio (28).

29. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 17 o 26, en el que el procesador (11) está adaptado para calcular el valor de identificación de transmisión para un artículo basado en el nivel del pico de señal respectivo (27) respecto al valor del pico de señal de referencia adyacente.

30. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17, 26, 27, 28 ó 29 **caracterizado** porque el procesador (11) está adaptado para recoger los valores medios de identificación de transmisión calculados de una secuencia de valores medidos en un vector compuesto por n elementos, donde n es igual al número de filtros (10), y comparar con los valores correspondientes para un periodo de señal posterior.

31. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17, 23-30, en el que el procesador (11) está adaptado para rechazar un artículo medido si la diferencia entre dos valores medidos de secuencia de señal sucesivos supera un umbral.

32. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17 y 23-26, en el que el procesador (11) está adaptado para calcular el valor medio de dos valores medidos de secuencia de señal sucesiva y realizar un análisis con ayuda de una operación de calibrado e identificación, por ejemplo análisis de discriminación por mínimos cuadrados parciales para dar una característica única del tipo de material del que está hecho el artículo (20, 21).

33. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17-32, en el que al menos uno de los filtros ( $10_3$ - $10_{10}$ ) entre el primer número de filtros se selecciona entre un grupo de materiales compuestos por polietilentereftalato, polietilennaftalato, cloruro de polivinilo, polipropileno, polietileno, poliestireno, copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno, polimetil metacrilato, poliamida, poliuretano, polisulfonato, policarbonato y vidrio.

34. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17-33 en el que el aparato se incluye en una máquina expendedora inversa para identificación y clasificación de botellas (20; 21) de diferentes tipos de material.

FIG. 1

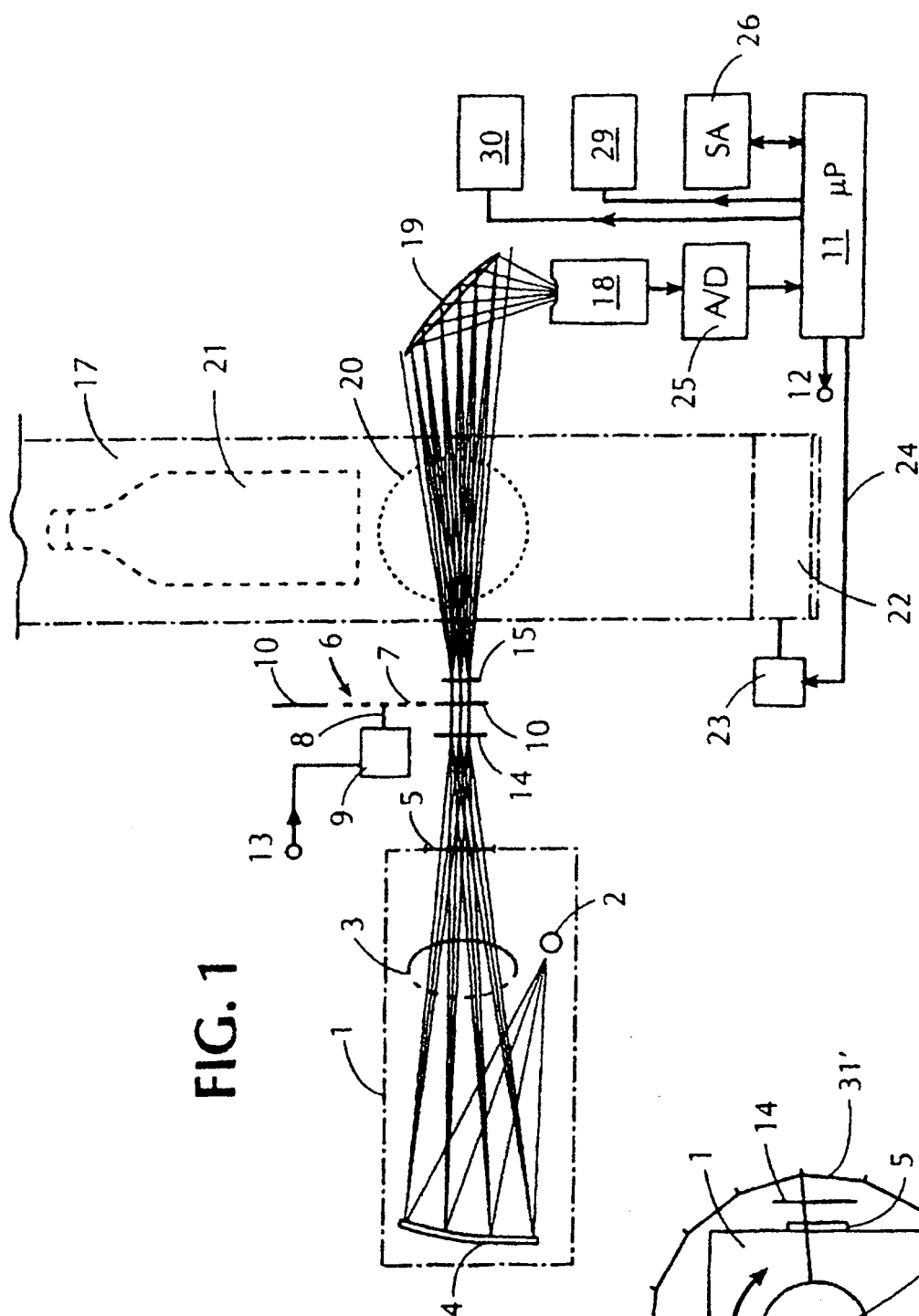
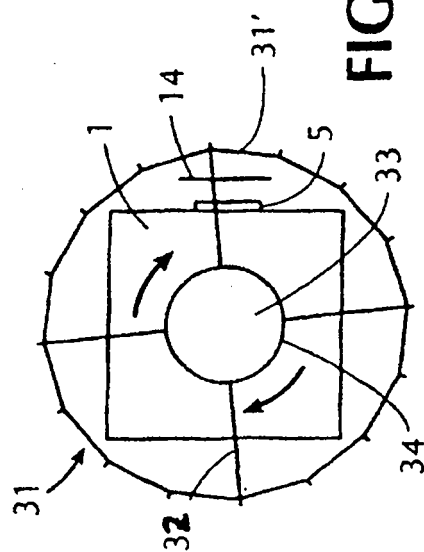
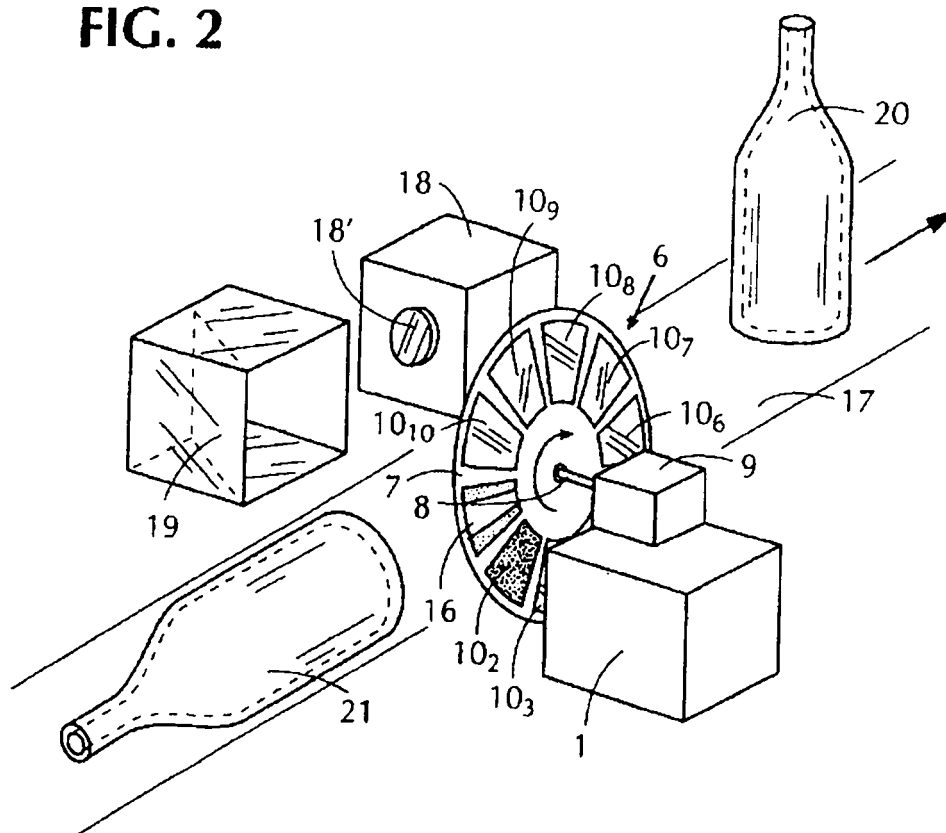


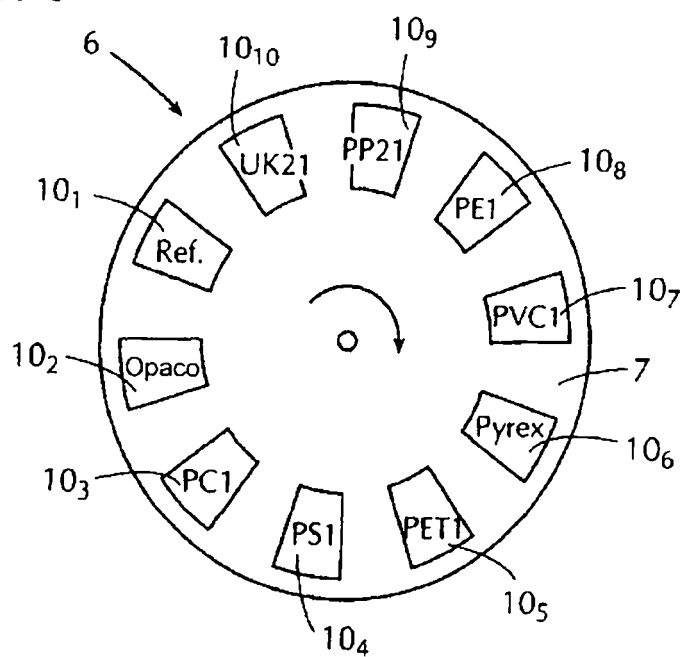
FIG. 4

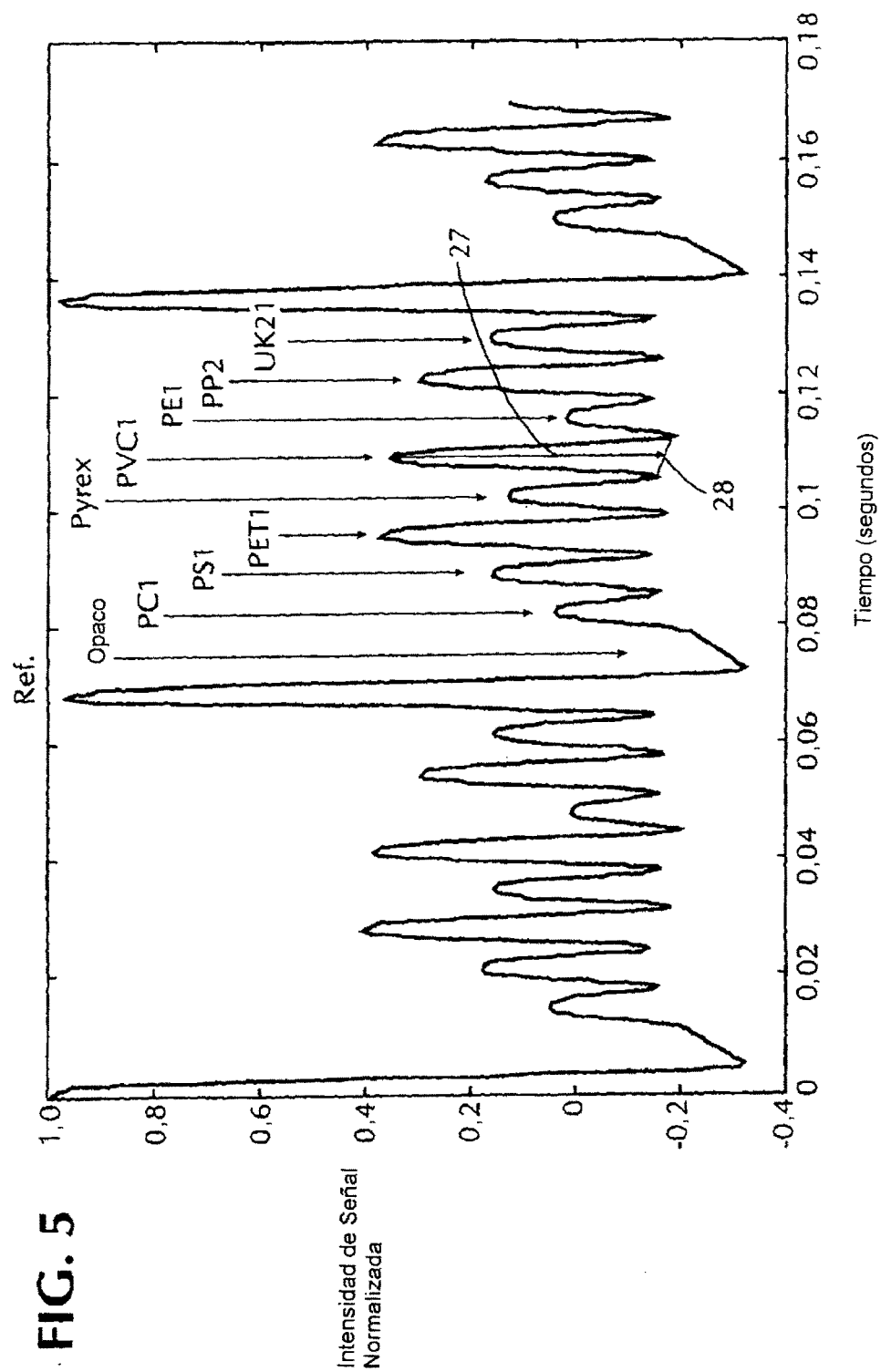


**FIG. 2**

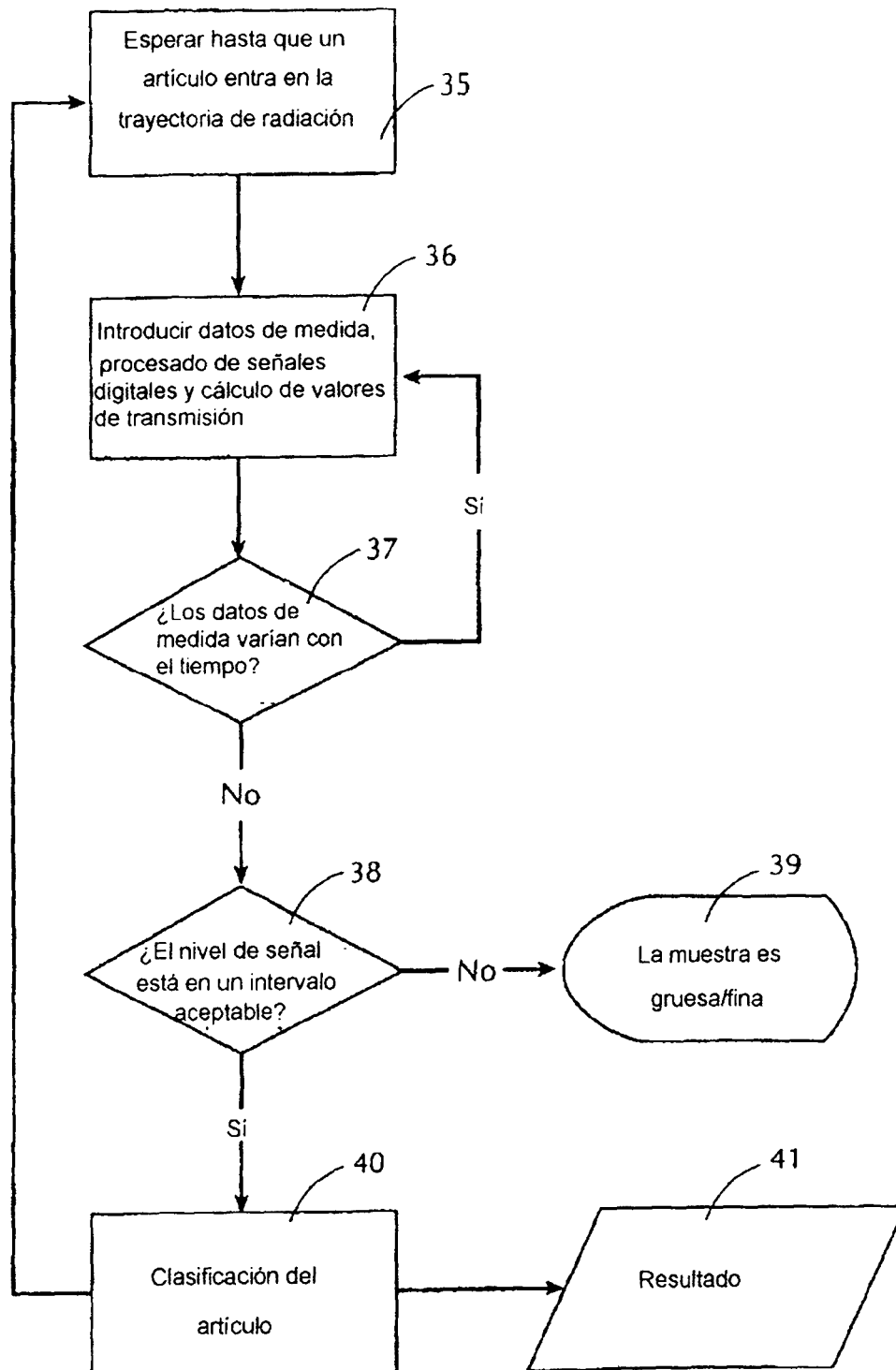


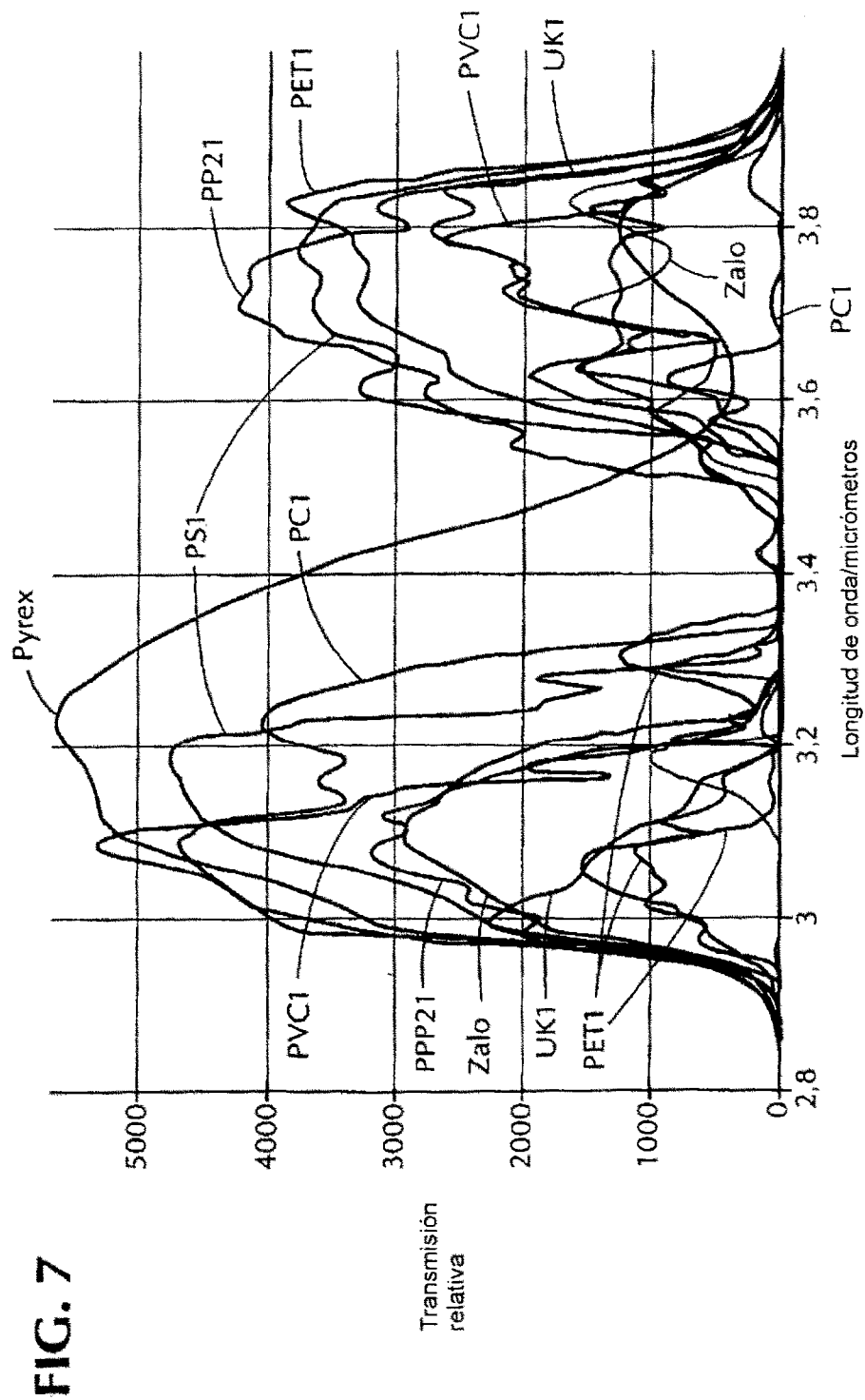
**FIG. 3**



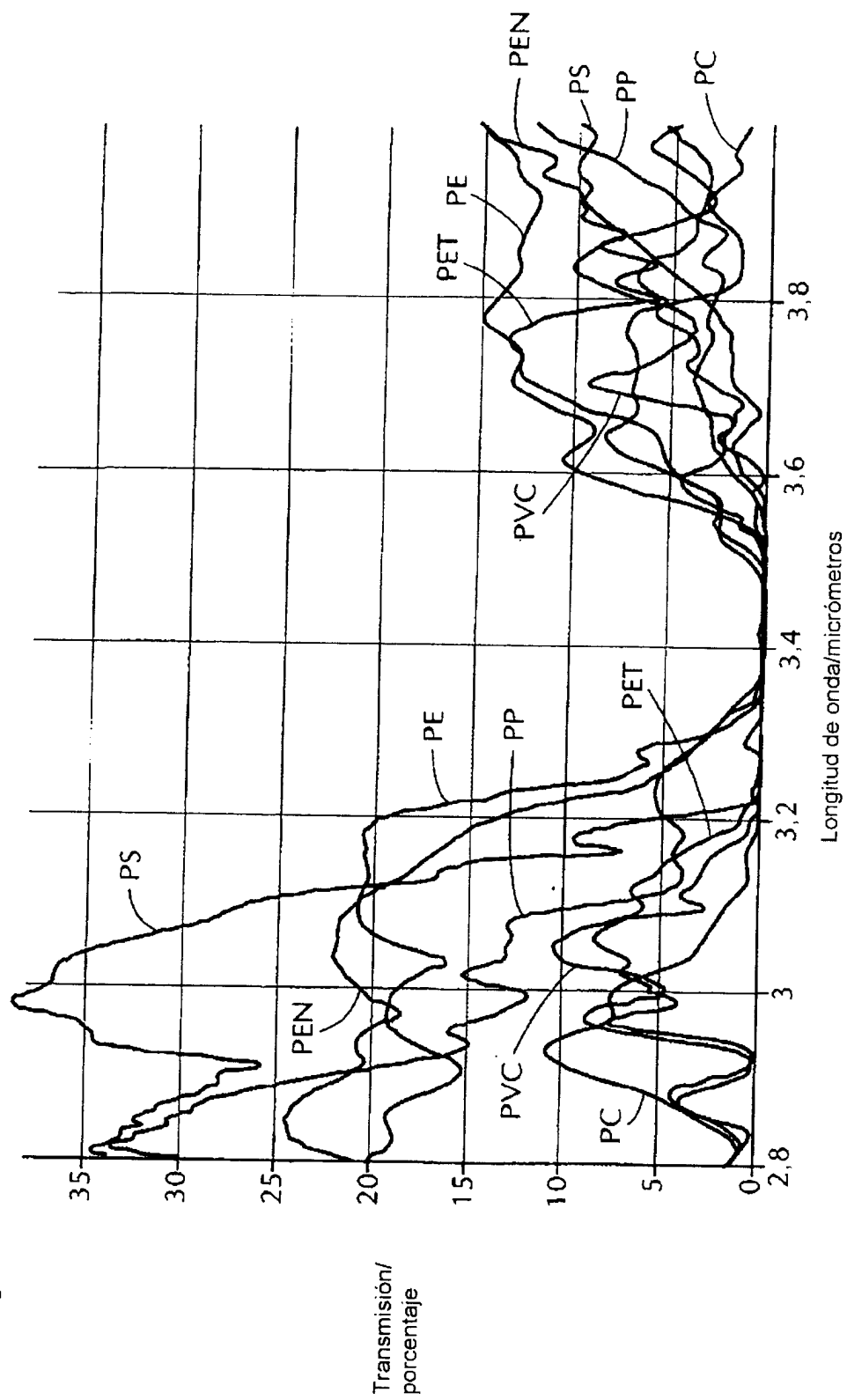


**FIG. 6**



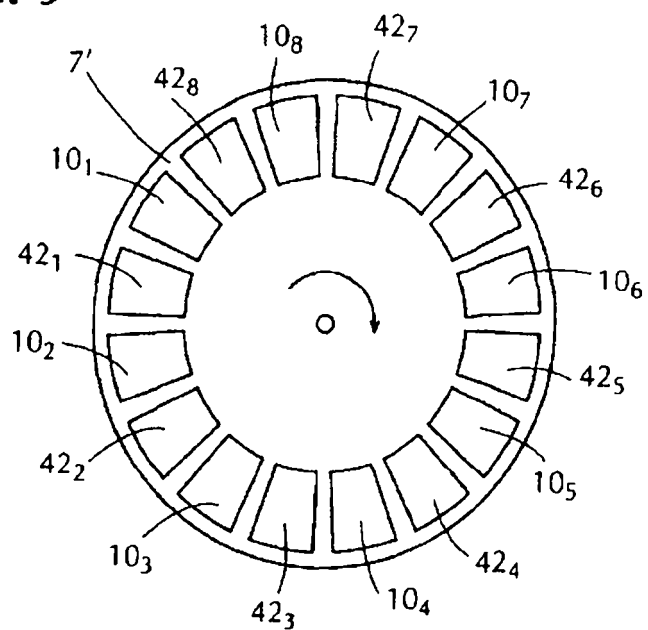


**FIG. 8**





**FIG. 9**



**FIG. 10**

