

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 925 782**

21 Número de solicitud: 202290030

51 Int. Cl.:

G01N 15/14 (2006.01)

G01N 1/10 (2006.01)

G01N 1/12 (2006.01)

G01N 15/00 (2006.01)

G01N 15/02 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

28.09.2020

30 Prioridad:

26.09.2019 EP 19382831

43 Fecha de publicación de la solicitud:

19.10.2022

71 Solicitantes:

ACONDICIONAMIENTO TARRASENSE (100.0%)
C/ De la Innovació, 2- Parc Científic i Tecnològic
de Terrassa
08225 Terrassa (Barcelona) ES

72 Inventor/es:

GOROSPE BALLESTEROS, Jorge;
RODRIGUEZ ESPAÑOL, Xavier;
GONZÁLEZ SÁNCHEZ, Miguel;
MARTÍNEZ GARCÍA, Javier y
MARTÍNEZ NAVAS, Sergio

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **DISPOSITIVO OPTOELECTRÓNICO PARA EL ANÁLISIS DE FLUIDOS Y MÉTODO RELACIONADO PARA EL ANÁLISIS ÓPTICO**

57 Resumen:

Dispositivo optoelectrónico para el análisis de fluidos y método relacionado para el análisis óptico.

Que comprende una carcasa (20), con una abertura de entrada (6), una zona de detección (5) y una abertura de evacuación (7); una fuente de luz (1), para generar un haz para irradiar una corriente de fluido en la zona de detección (5), generando un haz de luz reflejada o fotoluminiscente; al menos dos fotodetectores (2, 13), uno de referencia (2) para recibir el haz de luz generado por la fuente de luz (1) en modo transmisión y otro de análisis (13) para recibir el haz de luz reflejada en modo reflexión, generando los fotodetectores (2, 13) una señal eléctrica asociada a las características ópticas del haz de luz recibido; un módulo de procesamiento, para análisis de señales eléctricas generadas; y un módulo de comunicación para conectar los fotodetectores (2, 13) al módulo de procesamiento.

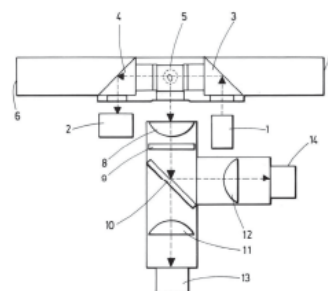


FIG.1

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO OPTOELECTRÓNICO PARA EL ANÁLISIS DE FLUIDOS Y MÉTODO RELACIONADO PARA EL ANÁLISIS ÓPTICO

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al campo de los dispositivos optoelectrónicos, más específicamente, a dispositivos para realizar un análisis espectrométrico de una corriente de fluido.

Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un dispositivo optoelectrónico para analizar una corriente de fluido con el fin de detectar y caracterizar cualquier partícula en suspensión.

15

Otro objeto de la presente invención consiste en proporcionar un método para analizar firmas espectrales, el tamaño y el número de partículas de forma efectiva en tiempo real.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En la actualidad, un análisis de fluidos es un procedimiento costoso y lento. Normalmente, se lleva a cabo en un laboratorio con la ayuda de un espectrómetro, que analiza una muestra de fluido para detectar y clasificar las partículas suspendidas en dicho fluido. Dicho análisis permite detectar y clasificar correctamente una gran cantidad de tipos de partículas. El equipo utilizado para realizar un análisis de espectrometría es de grandes dimensiones y, por lo tanto, no es portátil y no permite realizar un análisis de espectrometría de corrientes de agua.

Una solución propuesta para analizar corrientes de fluido es inmovilizar una partícula que se vaya a analizar el tiempo suficiente para obtener su espectro de emisión. Esto aumentaría significativamente la complejidad del sistema de fluidica y, incluso si se pudiera usar un sensor de espectro para analizar las corrientes de fluido, la complejidad del procesamiento de la señal en tiempo real sería mucho mayor, ya que se necesitarían algoritmos para la desconvolución del espectro. También, en general, las soluciones de última generación necesitan equipos adicionales para medir el

tamaño de los microplásticos. Por lo tanto, hace falta un microprocesador rápido, el cual consumiría más energía y sería más caro.

5 También, algunas soluciones propuestas pretenden solucionar el inconveniente relacionado con la dimensión de un espectrómetro de última generación. Por lo tanto, una solución propuesta consiste en usar, por ejemplo, microespectrómetros basados en tecnología de sistemas microelectromecánicos (MEMS) con un tamaño muy reducido. No obstante, a día de hoy los microespectrómetros no ofrecen alta sensibilidad para señales de fluorescencia débiles. Por lo tanto, dichos
10 microespectrómetros se utilizan en aplicaciones en las que no se necesita una alta sensibilidad.

Asimismo, la mayoría de los microespectrómetros no deben usarse con corrientes de agua, en donde la velocidad de paso de las partículas impide que se utilicen dichos
15 microespectrómetros, ya que normalmente necesitan un tiempo de integración elevado para detectar los espectros de fluorescencia.

Otra solución propuesta consiste en usar láseres de diodo de alta potencia, como elemento de excitación, lo que alivia los requisitos del fotodetector, pero su coste es
20 mucho más alto que otras fuentes de luz, como, por ejemplo, los LED, y el consumo de energía también es mayor.

La interferometría óptica permite comparar la superposición de dos haces de luz de la misma longitud de onda, en el caso de un ejemplo de aplicación óptica. La
25 superposición de dos haces de luz que provienen de dos fuentes diferentes da una señal que varía en intensidad, entre un máximo y cero. Este cambio se debe a la diferencia en la trayectoria óptica de los dos haces, cuando la diferencia es cero o, cuando es múltiplo de la longitud de onda, no es cero. En cualquier otro caso decrece o es cero. Este cambio se observa en el cambio de fase de las ondas
30 electromagnéticas que representan cada haz de luz.

El documento US2018038781A1 es una solución que divulga un método para medir la diferencia en la trayectoria óptica, la distancia que recorre un haz, y en la intensidad de dos haces de luz: uno que proviene de la fuente de luz (referencia) y otro que ha
35 atravesado una cubeta que contiene un fluido con partículas (denominada luz medida o dispersada). El tipo de luz utilizada es visible (532 nm), lo que no permite ver la

composición, sino solo detectar la partícula. Utiliza un separador para dividir la luz láser en dos intensidades diferentes con la misma longitud de onda, mantiene una parte como referencia y la otra la envía a la muestra. Los dos haces de luz se reencuentran en otro "divisor de haz" que superpone ambas señales. La superposición
5 hace que la señal final sea más pequeña o más grande dependiendo de la diferencia en las trayectorias ópticas recorridas por ambos haces. La diferencia en las trayectorias ópticas proviene de la detección de partículas en movimiento.

La interferometría requiere un sistema fijo (estático) bien alineado, por lo tanto, no es
10 posible ponerlo en un sistema móvil. De hecho, el documento US2018038781A1 utiliza diferentes elementos y procesos que eliminan el ruido que puede producir la medición de partículas en movimiento. Esto implica, entre otras cosas, una alineación y un ajuste de los componentes ópticos en cada caso.

15 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un dispositivo optoelectrónico para el análisis de fluidos, con y sin contaminantes. El dispositivo de la invención permite realizar un análisis espectral de una corriente de fluido, por ejemplo, corrientes de agua.
20 Asimismo, el análisis espectral realizado por el dispositivo permite detectar y reconocer, en términos químicos, de tamaño y de número, diferentes partículas en suspensión en una corriente de fluido.

El dispositivo de la invención comprende una carcasa, en donde hay definida una zona
25 de detección, al menos una fuente de excitación de luz, un fotodetector de referencia, un módulo de procesamiento y un módulo de comunicación.

La fuente de luz está destinada a generar un haz de luz para realizar un análisis de espectroscopia en la corriente de fluido, ya sea en modo continuo o pulsado. La fuente
30 de luz, de este modo, emite luz de excitación para estimular la fotorrespuesta de las partículas en la corriente de fluido. La fuente de luz podría ser, preferiblemente, una fuente de luz LED, que genere luz casi monocromática o de banda ancha. Más específicamente, la fuente de luz podría comprender un filtro de bloqueo de luz para usar solo en un intervalo de longitud de onda específico para la excitación.

35

El haz de luz se dirige a una zona de detección en donde se irradia una muestra dinámicamente variable, incluyendo la corriente de fluido y potencialmente las partículas en suspensión y, después de haber llegado a la muestra, atraviesa dicha muestra y se dirige hacia el fotodetector de referencia.

5

El fotodetector de referencia está destinado a recibir el haz de luz, que ha atravesado la muestra y a generar una señal eléctrica asociada a las características ópticas del haz de luz, en particular, la longitud de onda y la intensidad. Preferiblemente, el fotodetector de referencia comprende un amplificador de transimpedancia para

10

amplificar la señal recibida con el fin de facilitar su análisis.

La señal generada por el fotodetector de referencia permite supervisar el desempeño de la fuente de luz, detectar cualquier cambio en la longitud de onda de emisión y/o la intensidad y detectar la presencia de cualquier partícula en suspensión en la corriente

15

de fluido.

La señal generada por el fotodetector de referencia se envía al módulo de procesamiento, por medio del módulo de comunicación, que conecta el fotodetector de referencia con dicho módulo de procesamiento. El módulo de procesamiento está

20

configurado para realizar un análisis espectral de la señal recibida.

El módulo de comunicación podría consistir en una conexión por cable, Wi-Fi, Bluetooth, radio o ethernet, entre otros.

25

El análisis espectral realizado por el módulo de procesamiento permite determinar si una partícula está presente en la zona de detección. Para eso, la fuente de luz genera el haz de luz, que se dirige hacia el fotodetector de referencia que atraviesa la zona de detección, en donde hay presente una corriente de fluido de referencia, generando el fotodetector de referencia una señal de referencia, que representa las características

30

ópticas del haz de luz que atraviesa dicho fluido de referencia.

Después, si una partícula (que no pertenece al fluido de referencia) se ubica en la zona de detección, el haz de luz atraviesa el fluido y la partícula, cambiando de este modo las características temporales de la señal recibida en el fotodetector de

35

referencia. Al comparar el análisis espectral realizado con la señal del haz de luz que pasa a través del fluido de referencia y la señal del haz de luz que atraviesa el fluido

de referencia y la partícula, la unidad de procesamiento determina que una partícula está presente en la zona de detección.

Además, al tener una corriente de fluido, el análisis espectral se realiza de forma
5 continua, analizando los cambios en las características ópticas del haz de luz que llega al fotodetector de referencia. Por lo tanto, cuando una partícula atraviesa la zona de detección, la señal generada por el fotodetector de referencia produce un valle, debido a la reducción de la intensidad del haz de luz al atravesar la partícula y al cambio de la longitud de onda. Después, contando el número de valles presentes en el espectro de
10 luz del haz de luz, la unidad de procesamiento podría determinar el número y el tamaño de las partículas que han atravesado la zona de detección.

También, el módulo de procesamiento podría calcular el tamaño de las partículas que atraviesan la zona de detección. Para lograr eso, el módulo de procesamiento podría
15 calcular datos sobre las características fluídicas de la corriente, como la velocidad del flujo. La geometría del dispositivo determina los datos de las características del flujo y está diseñado para organizar el flujo de manera eficiente para facilitar el procedimiento de análisis al fijar una velocidad estable del flujo. Después, el tamaño de la partícula se calcula determinando el tiempo de paso que una partícula pasa en la zona de
20 detección, mediante el análisis espectral y utilizando la velocidad del flujo. Preferiblemente, el tamaño se determina en una medida relativa que permite representar una curva de distribución gaussiana del tamaño de las partículas.

El dispositivo de la invención permite determinar no solo si una partícula ha atravesado
25 la zona de detección, sino el tipo de partícula que ha pasado. Para eso, el dispositivo podría comprender un primer fotodetector de análisis destinado a recibir la fotoluminiscencia y/o la luz reflejada de la muestra cuando es irradiada. El primer fotodetector de análisis genera una señal asociada a la luz reflejada y envía la señal al módulo de procesamiento, utilizando el módulo de comunicación. Finalmente, la
30 unidad de procesamiento analiza la intensidad y la longitud de onda de la luz reflejada por la muestra, para determinar la naturaleza de la partícula.

El dispositivo también podría comprender una lente para recoger la luz reflejada o emitida por la muestra para generar un haz fácilmente detectable de luz reflejada o
35 emitida.

El análisis del tipo de partícula podría mejorarse dividiendo el haz de luz reflejada o emitido en una pluralidad de haces de luz para analizar cada uno de ellos de forma independiente. En particular, cada uno de los haces de luz generados tiene un intervalo predeterminado de longitud de onda.

5

Para lograr eso, el dispositivo podría comprender, además, al menos un divisor de haz para dividir el haz de luz reflejada en dos haces de luz divididos diferentes, un primer haz de luz dividido y un segundo haz de luz dividido, teniendo el primer haz de luz dividido una longitud de onda menor que una longitud de onda predeterminada, y el
10 segundo haz de luz dividido una longitud de onda mayor que la longitud de onda predeterminada. Es posible agregar más divisores de haz si es necesario. En este caso, algunos de estos sensores están conectados en serie, incluso con diferentes fuentes de luz, para mejorar la caracterización, en particular, la composición química y su estructura.

15

Se proporciona un segundo fotodetector de análisis para analizar los haces de luz divididos. Por lo tanto, el primer haz de luz dividido se dirige hacia el primer fotodetector de análisis y el segundo haz de luz dividido se dirige hacia el segundo fotodetector de análisis. Finalmente, cada fotodetector genera una señal de acuerdo
20 con el haz de luz que le llega y envía esa señal al módulo de procesamiento para su análisis.

El dispositivo de la invención también podría comprender dos lentes de haz dividido para recoger la luz dividida por el divisor de haz para generar un haz concentrado para
25 obtener una señal más fuerte, de mayor intensidad, en cada fotodetector, mejorando la calidad del análisis realizado por el módulo de procesamiento.

También, podrían incluirse más divisores de haz, fuentes de luz y fotodetectores, preferiblemente conectados en serie, para aumentar la detección de partículas
30 contaminantes y su caracterización.

La carcasa del dispositivo está destinada a contener al menos la fuente de luz, los fotodetectores, las lentes y el divisor de haz. El diseño y los materiales seleccionados, como poliamida y acero, entre otros, de la carcasa están preparados para soportar
35 mayor presión, por ejemplo hasta 1000 metros de profundidad, del fluido y su entorno.

Al analizar una corriente de fluido, la carcasa podría comprender una abertura de entrada para recoger la corriente de fluido y una abertura de evacuación para descargar la corriente de fluido. La corriente también define una zona de detección en donde el haz de luz debe atravesar la corriente de fluido.

5

La invención también se refiere a un método para el análisis óptico de fluidos. El método de la invención permite analizar la presencia de partículas en una corriente de fluido y contrarrestar y clasificar las partículas de acuerdo con sus características ópticas dada su composición química y tamaño.

10

El método comprende las etapas de, en primer lugar, proporcionar un conjunto de datos espectrales, que podría estar asociado a una señal generada por un fotodetector que recibe un haz de luz que atraviesa la corriente de fluido, y representa la evolución temporal de las características ópticas de dicho haz de luz. El conjunto de datos espectrales comprende al menos dos señales espectrales. Una señal espectral de referencia se utiliza para determinar la presencia de partículas en una corriente de fluido y una primera señal espectral de análisis se utiliza para identificar el tipo de partícula que se encuentra en suspensión en la corriente de fluido. Las señales espectrales podrían analizarse utilizando el módulo de procesamiento del dispositivo de la invención.

20

Después, tras haberse proporcionado los datos espectrales, el método comprende la etapa de determinar la presencia de cualquier partícula en suspensión en el fluido, que atraviese una zona de detección, analizando la señal espectral de referencia. Dicho análisis se realiza mediante la lectura periódica de la señal espectral de referencia, preferiblemente cada 10 μ s y, a continuación, estableciendo un valor de referencia, preferiblemente, coincidente con el valor medio de los valores instantáneos de la señal espectral de referencia. Con ello, se determina que una partícula está en la zona de detección mientras que el valor instantáneo de la señal espectral de referencia es menor que un umbral predefinido, en cuanto al valor de referencia.

30

Por lo tanto, la presencia de partículas en la zona de detección se determina registrando valles en la señal de referencia, estando dichos valles en el espectro asociados a un cambio en la intensidad del haz de luz detectado por un fotodetector de referencia. El cambio en la intensidad del haz de luz se debe a la pérdida de intensidad del haz de luz al atravesar una partícula que refleja parte del haz de luz,

35

quedando solo una parte del haz de luz para atravesar y alcanzar el fotodetector de referencia.

5 Cuando se determina que una partícula está en la zona de detección, de acuerdo con el análisis de la intensidad de la señal espectral de referencia, se registran los valores instantáneos de la primera señal espectral de análisis.

De este modo, la primera señal espectral de análisis se utiliza para caracterizar la partícula de acuerdo con sus características ópticas, y, al hacerlo, los valores
10 registrados de la primera señal espectral de análisis se analizan para determinar el tipo de partícula. El análisis de la primera señal espectral de análisis consiste en realizar un análisis de la intensidad y/o longitud de onda de un haz de luz reflejada por una partícula. Un primer fotodetector de análisis que recibe el haz de luz reflejada proporciona una señal eléctrica, que origina la primera señal espectral de análisis, por
15 lo tanto, que comprende datos sobre la longitud de onda y/o la intensidad del haz de luz reflejada por la partícula.

Se determina el tipo de partícula que atraviesa la zona de detección, utilizando el módulo de procesamiento. Por lo tanto, cuando el análisis de la señal espectral de
20 referencia determina que la partícula ha pasado y ya no está en la zona de detección, se pueden calcular el valor medio y los valores máximo y mínimo de la segunda señal espectral y, en función de dicho cálculo, se determina el tipo de partícula que ha pasado. Para poder lograr eso, el módulo de procesamiento podría usar un conjunto de reglas previamente establecidas, que comparan las características ópticas de la
25 primera señal espectral de análisis con señales almacenadas relacionadas con un tipo específico de partícula, que se proporcionan previamente.

Finalmente, se informa de los resultados obtenidos. La etapa de informar del método de la invención se podría realizar en un modo periódico, informando de los datos
30 obtenidos y calculados en intervalos regulares, o en un modo basado en eventos, en donde el informe se realiza solo cuando una partícula atraviesa la zona de detección.

Las características relacionadas con la velocidad y la posición de la partícula en la zona de detección se pueden inferir calculando el tiempo de paso. De acuerdo con los
35 pasos anteriores, se considera que una partícula está en la zona de detección mientras el valor instantáneo de la primera señal espectral sea menor que el umbral

predefinido con respecto al valor medio de dicha señal espectral de referencia, por lo tanto, cuando el valor instantáneo de la señal espectral de referencia vuelve a ser superior a dicho umbral, se determina que la partícula ha pasado, y por lo tanto se podría determinar el tiempo de paso.

5

También, el número de partículas que han atravesado la zona de detección en un determinado tiempo de paso se podría determinar contando el número de veces que la señal espectral de referencia desciende por debajo del umbral del valor de referencia de dicha señal espectral de referencia.

10

Preferiblemente, la etapa de proporcionar el conjunto de datos espectrales se lleva a cabo utilizando el dispositivo optoelectrónico de la invención. Por lo tanto, las señales espectrales son generadas por los fotodetectores del dispositivo.

15

El método de análisis óptico de fluidos de la invención comprende una secuencia de etapas definida por: en primer lugar, capturar una corriente de fluido utilizando el elemento de recogida de la carcasa del dispositivo. La corriente de fluido atraviesa el interior del elemento de recogida, teniendo preferiblemente una configuración en forma de árbol, y convergiendo en un canal en donde se define la zona de detección. De este modo, la corriente de fluido se dirige para llegar a la zona de detección y luego se evacua. La fuente de luz se activa y el haz de luz generado atraviesa la zona de detección y alcanza el fotodetector de referencia, que produce una señal eléctrica, transmitida al procesador que origina la señal espectral de referencia.

20

25

Se proporciona la primera señal espectral de análisis, en primer lugar, recogiendo la luz reflejada por una partícula en suspensión en la corriente de fluido que atraviesa la zona de detección, por medio de una lente, de este modo, para obtener un haz de luz reflejada. El haz de luz reflejada se dirige hacia un primer fotodetector de análisis, que produce una señal eléctrica, transmitida al procesador que origina la primera señal espectral de análisis.

30

Tanto la referencia como la primera señal espectral se procesan según el método de análisis explicado anteriormente.

35

Preferiblemente, el análisis se realiza utilizando tres o más señales espectrales. Esta característica permite determinar mejor el tipo de partícula que está atravesando la

zona de detección.

El método que comprende tres o más señales espectrales comprende, además, las etapas de, tras haber recogido la luz reflejada por la partícula, obtener un haz de luz
5 reflejada, dirigir dicho haz de luz al divisor de haz del dispositivo optoelectrónico. El divisor de haz está configurado para dividir el haz de luz produciendo un primer haz de luz que tiene una longitud de onda menor que una longitud de onda predeterminada y un segundo haz de luz que tiene una longitud de onda mayor que dicha longitud de onda predeterminada. La longitud de onda predeterminada depende de la
10 configuración física del divisor de haz y, por lo tanto, podría seleccionarse. También, se puede seleccionar el divisor de haz para definir correctamente la longitud de onda de referencia.

Después, el primer haz de luz generado se dirige hacia el primer fotodetector de
15 análisis, que produce una señal eléctrica, transmitida al procesador, originando así una primera señal espectral de análisis. A su vez, el segundo haz de luz generado se dirige hacia un segundo fotodetector de análisis, que produce una señal eléctrica, transmitida al procesador, originando así una segunda señal espectral de análisis.

20 Para su posterior procesamiento, los datos obtenidos a partir del proceso descrito y los datos de los que se ha informado a través de las plataformas (planeador, módulo de aterrizaje o superficie del mar) podrían correlacionarse para poder determinar qué tipo de partículas se están detectando, cuándo y dónde se han detectado (marca de tiempo y ubicación) y en qué nivel de profundidad tienden a acumularse los
25 microplásticos.

Por ejemplo, se podría usar más de un fotodetector para detectar contaminantes a diferentes profundidades, permitiendo detectar contaminantes más densos, que tienden a acumularse en la parte inferior de la corriente, y contaminantes menos
30 densos, que tienden a acumularse en la superficie de la corriente.

El método podría reproducirse de manera similar con más de un divisor de haz y, por lo tanto, más de tres señales espectrales para analizar. Tener más señales espectrales permite una mejor determinación del tipo de partícula que atraviesa la
35 zona de detección.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se realiza y con el fin de contribuir a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo
5 preferente de la realización práctica de esta, se adjunta un conjunto de dibujos como una parte integral de dicha descripción en el que, con carácter ilustrativo y no limitante, se ha representado lo siguiente:

Figura 1: muestra una vista esquemática de una realización preferente de la
10 configuración óptica del dispositivo optoelectrónico de la invención.

Figura 2: muestra una vista esquemática de una realización preferente de la carcasa del dispositivo optoelectrónico de la invención.

15 Figura 3: muestra una vista esquemática de una realización preferente del disco del dispositivo optoelectrónico de la invención.

Figura 4: muestra una vista esquemática de una realización preferente del elemento de recogida de la carcasa.
20

Figura 5: muestra una vista esquemática de una realización preferente del dispositivo optoelectrónico de la invención.

Figura 6: muestra un esquema de una realización preferente del método de análisis
25 óptico de la invención.

REALIZACIÓN PREFERIDA DE LA INVENCION

El dispositivo optoelectrónico de la invención permite realizar un análisis
30 espectrométrico de una corriente de fluidos.

La figura 1 muestra una vista esquemática de la configuración óptica del dispositivo optoelectrónico de la invención, que comprende una carcasa (20), un LED de excitación (1), un divisor de haz (10), tres fotodetectores (2, 13, 14), tres lentes (8, 11,
35 12), un filtro (9) y dos espejos (3, 4).

La carcasa (20) está diseñada para alojar todos los elementos del dispositivo, y comprende una vía de paso, para permitir el paso de la corriente líquida, y en donde hay definida una zona de detección (5). La zona de detección (5) es una sección de la vía de paso y comprende los dos espejos (3, 4), en este caso particular, prismas para reflejar la luz de excitación.

Por lo tanto, el LED de excitación (1) emite un haz de luz que incide sobre el primer espejo (3), reflejándose hacia la zona de detección (5). Después de atravesar la zona de detección (5), el haz de luz incide en el segundo espejo (4) y se refleja en el fotodetector de referencia (2).

En este caso particular, en el que el objetivo consiste en detectar micropartículas poliméricas en agua, el LED de excitación (1) está configurado para emitir solo luz ultravioleta a una longitud de onda máxima de 370 nm, mediante el uso de un filtro de bloqueo de luz, lo que evita que el LED emita en otras longitudes de onda. La luz ultravioleta excita los polímeros para que dichos polímeros tengan fotoluminiscencia. El fotodetector de referencia (2) está configurado para recibir luz a una longitud de onda máxima de 395 nm, y comprende, además, un amplificador de transimpedancia para adquirir más fácilmente la señal generada.

El LED de excitación (1) es un transductor InGaN configurado para emitir el haz de luz en modo continuo o pulsado.

Este conjunto permite supervisar el rendimiento de la luz LED y detectar cualquier partícula que atraviese la zona de detección (5), registrando cambios en el espectro de la luz recibida en el fotodetector de referencia (2).

Al mismo tiempo, el haz de luz que incide sobre una partícula en la zona de detección (5) se dispersa, se transmite, se absorbe y se reemite como una fluorescencia en otra banda espectral más larga. La luz dispersada y reemitida se recoge mediante una lente (8), generando un haz de luz reflejada. Luego, el haz de luz reflejada se filtra para rechazar la contribución de la luz dispersa y quedando la fluorescencia visible, estando el filtro (9) configurado para permitir el paso de luz con una longitud de onda superior a 400 nm.

Después, el haz de luz filtrado se dirige a un divisor de haz (10), en este caso un espejo dicroico, para dividirse en dos haces de luz divididos. En este caso particular, el divisor de haz (10) está posicionado a 45 grados con respecto al haz de luz incidente. Por lo tanto, el haz de luz se divide en un primer haz de luz dividido que tiene una
5 longitud de onda de 400 nm a 580 nm, y un segundo haz de luz dividido que tiene una longitud de onda de 625 nm a 795 nm.

Después, el primer haz de luz dividido se concentra utilizando una primera lente de haz dividido (11) para llegar al primer fotodetector de análisis (13), y el segundo haz de
10 luz se concentra utilizando una segunda lente de haz dividido (12) para alcanzar el segundo fotodetector de análisis (14).

Los fotodiodos (13, 14) permiten determinar el tipo de partícula que atraviesa la zona de detección (5), comparando el espectro de la luz reflejada con un espectro teórico de
15 la luz reflejada por un tipo de material cuando es irradiado por luz de excitación. Además, el uso de dos canales diferentes de detección espectral permite diferenciar de forma más precisa el tipo de partícula, diferenciando fácilmente entre dos materiales con características de emisión de fluorescencia similares en un tiempo mínimo, teniendo en cuenta que se va a analizar una corriente líquida en tiempo real.

20 La figura 2 muestra una vista esquemática de la carcasa (20) del dispositivo. La carcasa (20), en este caso particular, comprende una cubierta (19) de forma cilíndrica, un disco (23), el cual va roscado a la parte superior de la cubierta (19), y un elemento de recogida (21) conectado al disco. La cubierta (19) aloja el LED de excitación (1), el
25 divisor de haz (10), los tres fotodetectores (2, 13, 14), las tres lentes (8, 11, 12), el filtro (9) y los dos espejos (3, 4), y proporciona conexiones de alimentación y transmisión de datos.

La figura 3 muestra una vista en despiece del disco (23) de la carcasa (20). En la
30 realización mostrada en las figuras 2 y 3, los dos espejos (3, 4), destinados a dirigir el haz de luz a la zona de detección (5) y luego al fotodetector de referencia (2) y la zona de detección (5) se encuentran en el exterior de la carcasa (20). Por este motivo, el disco (23) está destinado a permitir el paso del haz de luz generado por el LED de
35 excitación (1) al primer espejo (3), el paso del haz de luz reflejada por el segundo espejo (4) al fotodetector de referencia (2) y el paso de la luz reflejada por la corriente y la partícula en la zona de detección (5).

Por lo tanto, el disco (23), mostrado en la figura 3, tiene un elemento de conexión (15), dos juntas de estanqueidad (16), una ventana (17) y una tapa (18). El elemento de conexión (15) está configurado con un extremo inferior roscado para roscarse a la cubierta (19). En el extremo superior, se define un borde superior y un hueco cilíndrico para alojar la ventana (17), siendo las dos juntas de estanqueidad (16) juntas tóricas en este caso, situadas detrás y encima de la ventana (17), respectivamente. La tapa (18) se encuentra encima de la ventana (17) y las juntas de estanqueidad (16), y se une con el borde superior del elemento de conexión (15).

La figura 4 muestra una vista esquemática del elemento de recogida (21) de la carcasa (20), el cual está destinado a recibir una corriente de líquido por medio de una abertura de entrada (6), y dirigir dicha corriente hacia una vía de paso en la que se define la zona de detección (5), después, la corriente de líquido se evacua utilizando una abertura de evacuación (7).

La abertura de entrada (6) del elemento de recogida (21) está configurada como una pluralidad de agujeros hexagonales (22), teniendo cada orificio un conducto que conecta con la vía de paso, formando así una configuración en forma de árbol, los cuales conectan con la vía de paso y delimitan la zona de detección (5).

La figura 5 muestra una vista esquemática de un planeador que lleva montado el dispositivo de la invención. La cubierta (19), que contiene el LED de excitación (1), el divisor de haz (10), los tres fotodetectores (2, 13, 14), las tres lentes (8, 11, 12), el filtro (9) y los dos espejos (3, 4); y el disco (23) se colocan en un hueco del planeador, en la parte delantera. El elemento de recogida (21), a su vez, sobresale fuera del perímetro del planeador, recogiendo el fluido que fluye sobre la superficie del planeador. El elemento de recogida está diseñado de tal manera que su geometría reduzca la resistencia fluídica dinámica mientras se utiliza el dispositivo óptico.

La figura 6 muestra un diagrama que incluye las etapas del método de análisis óptico de la invención, en donde la corriente líquida se captura (24) usando la abertura de entrada (6) de la carcasa (20). Después, la corriente se dirige (25) a la zona de detección para su análisis.

El LED de excitación (1) y los fotodiodos (2, 13, 14) se activan (26) y el haz de luz se dirige (28)(27) hacia la corriente y, tras atravesar, dicha corriente, alcanza el fotodetector de referencia (2).

5 La luz reflejada por la corriente y una partícula que atraviesa la zona de detección (5) se recoge (28) usando la lente (8) y se dirige (29) hacia el divisor de haz (10) para producir un primer haz de luz dividido que tiene una longitud de onda menor que una longitud de onda predeterminada, y un segundo haz de luz dividido que tiene una longitud de onda mayor que dicha longitud de onda predeterminada. El primer haz de
10 luz se dirige (30) hacia el primer fotodetector de análisis (13) y el segundo haz de luz se dirige (31) hacia el segundo fotodetector de análisis (14).

Los fotodiodos (2, 13, 14) emiten una señal asociada a las características ópticas del haz de luz recibido.

15 Todas las señales generadas se envían (32) al módulo de procesamiento, como una señal espectral, para su análisis, formando un conjunto de datos espectrales. Después, se determina si alguna partícula se encuentra en la zona de detección (5). Para hacer eso, la señal espectral de referencia, correspondiente a la señal del
20 fotodetector de referencia (2), se lee (33) periódicamente cada 10 μ s, después, se establece un valor de referencia (34), siendo el valor medio de la señal espectral de referencia, y se informa de la presencia de alguna partícula en la zona de detección (35) cuando el valor instantáneo de la señal espectral de referencia es menor al veinte por ciento del valor de referencia.

25 Durante el tiempo que la partícula está en la zona de detección (5), se registran los valores de las señales espectrales del primer y segundo análisis (36) para determinar el tipo de partícula.

30 Cuando la partícula ha pasado, se calcula (37) el valor medio y los valores máximo y mínimo de las señales espectrales del primer y segundo análisis, y se determina (38) si la partícula es un microplástico de acuerdo con las siguientes reglas.

Es un microplástico si la señal del primer análisis de la señal espectral es mayor al
35 10 por ciento del valor de referencia, coincidente con el valor medio de la señal espectral de referencia, es mayor que 5 mV y es mayor que el valor de la segunda

señal espectral de análisis.

Después, se calcula el tiempo de paso (39), cuando la partícula ha atravesado la zona de detección (5), determinando el tiempo en donde el valor instantáneo de la señal espectral de referencia es menor que un 20 por ciento del valor de referencia. Mediante el cálculo del tiempo de paso, se infiere la velocidad y posición de la partícula en función del tiempo, caracterizando también el tamaño de la partícula.

El número de partículas que han pasado en un período de tiempo se calcula (40) contando el número de veces que la señal espectral de referencia se vuelve más pequeña que el 20 por ciento del valor de referencia.

Se informa (41) de todos los resultados para que sean accesibles para un usuario, en un modo basado en eventos, es decir, cuando se detecta una partícula en la zona de detección (5) y se realizan los cálculos explicados anteriormente.

REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo optoelectrónico para análisis de fluidos en tiempo real, que permite la detección de partículas contaminantes, caracterizado por que comprende:

- 5 - una carcasa (20), que tiene una abertura de entrada (6), para recoger fluido, una zona de detección (5) y una abertura de evacuación (7), para descargar el fluido recogido;
- al menos una fuente de luz (1), destinada a generar un haz de luz para irradiar una corriente de fluido, con y sin partículas contaminantes, en la
- 10 zona de detección (5) durante un tiempo de paso, generar un haz de luz reflejada y/o luz fotoluminiscente para contar el número de partículas, determinar la naturaleza química y estimar el tamaño de dichas partículas;
- al menos dos fotodetectores (2, 13), un fotodetector de referencia (2) para recibir el haz de luz generado por la fuente de luz (1) en un modo de
- 15 transmisión y un primer fotodetector de análisis (13) para recibir el haz de luz reflejada en un modo de reflexión, generando los fotodetectores (2, 13) una señal eléctrica asociada a las características ópticas del haz de luz recibido;
- un módulo de procesamiento, para analizar las señales eléctricas
- 20 generadas por los fotodetectores (2, 13); y
- un módulo de comunicación, destinado a conectar los fotodetectores (2, 13) al módulo de procesamiento,
- en donde la carcasa (20) aloja al menos una fuente de luz (1) y los al menos dos fotodetectores (2, 13).

25

2.- Dispositivo optoelectrónico de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, al menos un espejo (3, 4), para reflejar el haz de luz con el fin de cambiar la dirección de propagación para dirigir el haz de luz hacia el fotodetector de referencia (2), lo que permite estimar, durante el tiempo de paso, el tamaño de las partículas.

30

3.- Dispositivo optoelectrónico de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, un conjunto de lentes (8, 11, 12) para recoger la luz reflejada, generando un haz de luz concentrado, y, por lo tanto, aumentando la intensidad de las señales del fotodetector y reduciendo el ruido potencial.

35

4.- Dispositivo optoelectrónico de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la carcasa (20) comprende:

- una cubierta (19) que tiene una forma cilíndrica, la cual define una parte superior;
- 5 - un disco (23), que comprende un elemento de conexión (15) roscado a la parte superior de la cubierta (19), una ventana (17) destinada a dejar pasar la luz y una tapa (18) para fijar la ventana al elemento de conexión (15); y
- un elemento de recogida (21), en donde se definen la abertura de entrada (6) y la abertura de evacuación (7).

10

5.- Dispositivo optoelectrónico de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la abertura de entrada (6) del elemento de recogida (21) está configurada en forma de árbol, teniendo una pluralidad de conductos que convergen en una vía de paso en donde la zona de detección (5) está definida para poder mantener las partículas en la zona de
15 detección el tiempo suficiente para poder analizarlas.

6.- Dispositivo optoelectrónico de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la fuente de luz (1) que fotoexcita la muestra es un LED ultravioleta, para conversión descendente o fotoluminiscencia, o reflectancia difusa.

20

7.- Dispositivo optoelectrónico de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además:

- al menos un divisor de haz (10) para dividir el haz de luz reflejada, y, por lo tanto, formar un primer haz de luz dividido, el cual tiene una longitud de onda menor que una longitud de onda predeterminada, y un segundo haz de luz dividido, el cual tiene una longitud de onda mayor que la longitud de onda predeterminada; y
- 25 - un segundo fotodetector de análisis (14) que genera una señal eléctrica asociada a las características ópticas del haz de luz recibido,
- 30 en donde el primer haz de luz dividido se dirige hacia el primer fotodetector de análisis (13) y el segundo haz de luz dividido se dirige hacia el segundo fotodetector de análisis (14).

8.- Método para el análisis óptico de fluidos que comprende las etapas de:

- 35 - proporcionar un conjunto de datos espectrales, que comprende al menos dos señales espectrales, una señal espectral de referencia y una primera

- señal espectral de análisis;
- determinar que una partícula está en una zona de detección (5), analizando la señal espectral de referencia y un cambio en la intensidad de la señal de referencia;
- 5 - registrar (36) valores de la primera señal espectral de análisis, mientras la partícula está en la zona de detección (5), para determinar el tipo de partícula que atraviesa dicha zona de detección (5);
- calcular (37) el valor medio y los valores máximo y mínimo de la primera señal espectral de análisis;
- 10 - determinar (38) el tipo de partícula comparando los valores calculados a partir de la primera señal espectral de análisis con datos prealmacenados;
- informar (41) de los valores calculados y de los resultados de la etapa de determinación.
- 15 9.- Método de acuerdo con la reivindicación 8, que utiliza un dispositivo optoelectrónico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde la etapa de proporcionar un conjunto de datos espectrales comprende las etapas de:
- capturar (24) una corriente de fluido para su análisis, por medio de la abertura de entrada (6) de la carcasa (20), determinando, al mismo tiempo,
- 20 el punto de consigna para el tiempo de recogida de datos de acuerdo con una velocidad relativa del fluido;
- dirigir (25) la corriente para que llegue a una zona de detección (5);
 - activar (26) la fuente de luz (1) para generar un haz de luz;
 - dirigir (28)(27) el haz de luz generado a un fotodetector de referencia (2),
- 25 atravesando la corriente;
- recoger (28) la luz reflejada por la corriente y cualquier partícula en suspensión, por medio de una lente (8) para obtener un haz de luz reflejada;
 - dirigir (30) el haz de luz reflejada hacia el primer fotodetector de análisis
- 30 (13) para producir una señal eléctrica asociada a las características ópticas del haz de luz reflejada;
- enviar (32) la señal eléctrica asociada al haz de luz al módulo de procesamiento, por medio del módulo de comunicación.
- 35 10.- Método de acuerdo con la reivindicación 8, que utiliza un dispositivo optoelectrónico de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende, además, las

etapas de:

- 5 - capturar (24) una corriente de fluido para su análisis, por medio de la abertura de entrada (6) de la carcasa (20), determinando, al mismo tiempo, el punto de consigna para el tiempo de recogida de datos de acuerdo con una velocidad relativa del fluido;
- dirigir (25) la corriente para que llegue a una zona de detección (5);
- activar (26) la fuente de luz (1) para generar un haz de luz;
- dirigir (28)(27) el haz de luz generado a un fotodetector de referencia (2), atravesando la corriente;
- 10 - recoger (28) la luz reflejada por la corriente y cualquier partícula en suspensión, por medio de una lente (8) para obtener un haz de luz reflejada;
- dirigir (29) el haz de luz reflejada hacia el divisor de haz (10) para producir un primer haz de luz dividido que tiene una longitud de onda menor que una longitud de onda predeterminada y un segundo haz de luz dividido que
- 15 tiene una longitud de onda mayor que dicha longitud de onda predeterminada;
- dirigir (30) el primer haz de luz dividido producido hacia el primer fotodetector de análisis (13) para producir una señal eléctrica asociada a las características ópticas del primer haz de luz partido;
- 20 - dirigir (31) el segundo haz de luz dividido producido hacia el segundo fotodetector de análisis (14) para producir una señal eléctrica asociada a las características ópticas del segundo haz de luz dividido;
- enviar (32) la señal eléctrica asociada con los haces de luz divididos primero y segundo al módulo de procesamiento, por medio del módulo de
- 25 comunicación.

11.- Método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la etapa de determinar la presencia de cualquier partícula en suspensión en la corriente de fluido, mediante el análisis de la señal espectral de referencia, se lleva a cabo siguiendo las etapas de:

- 30 - leer (33) la señal espectral de referencia periódicamente,
- establecer (34) un umbral predefinido con respecto a un valor de referencia coincidente con el valor medio de los valores instantáneos de la señal espectral de referencia,
- 35 - informar (35) de la presencia de una partícula en la zona de detección (5) mientras el valor instantáneo de la señal espectral de referencia es menor

que el umbral predefinido.

12.- Método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la etapa de leer (33) la señal espectral de referencia se realiza cada 10 μ s.

5

13.- Método de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende, además, una etapa de calcular (39) el tiempo de paso cuando ha pasado la partícula para calcular el tamaño de las partículas.

10 14.- Método de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende, además, una etapa de determinar (40) el número de partículas que atraviesan la zona de detección (5) contando el número de veces que la primera señal espectral disminuye por debajo del umbral predefinido del valor medio de dicha primera señal espectral y, por lo tanto, poder conocer el nivel de contaminación.

15

15.- Método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la etapa de informar (41) se lleva a cabo periódicamente o en un modo basado en eventos.

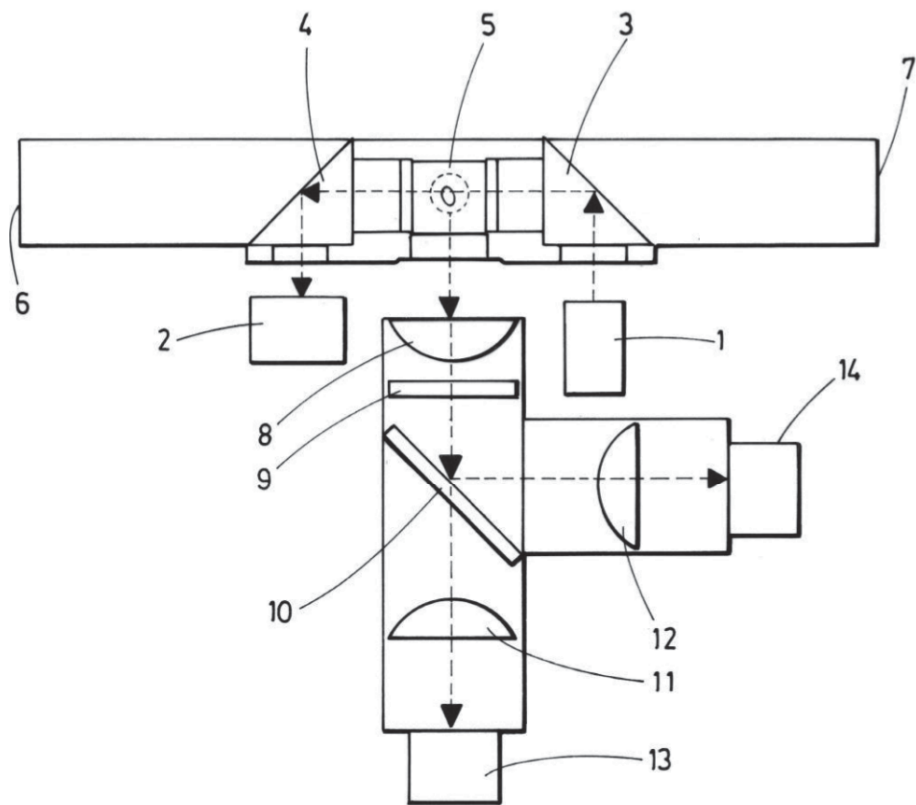


FIG.1

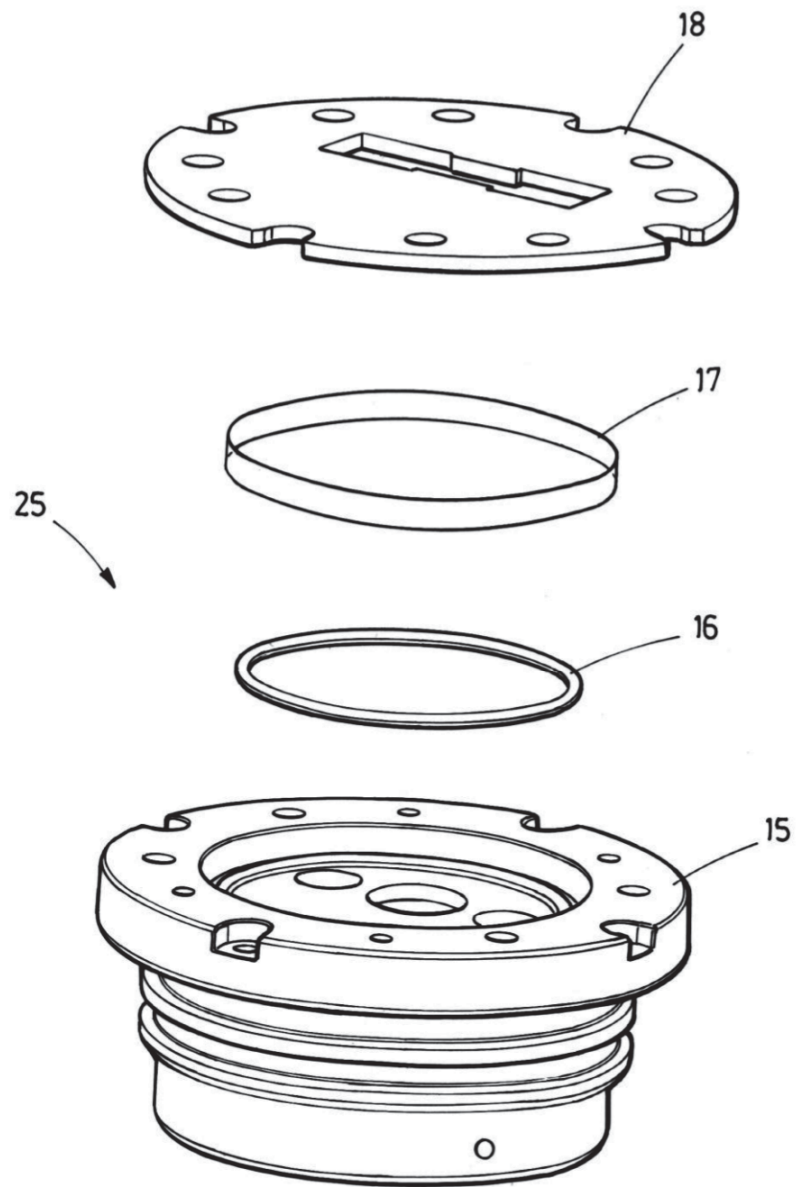


FIG.2

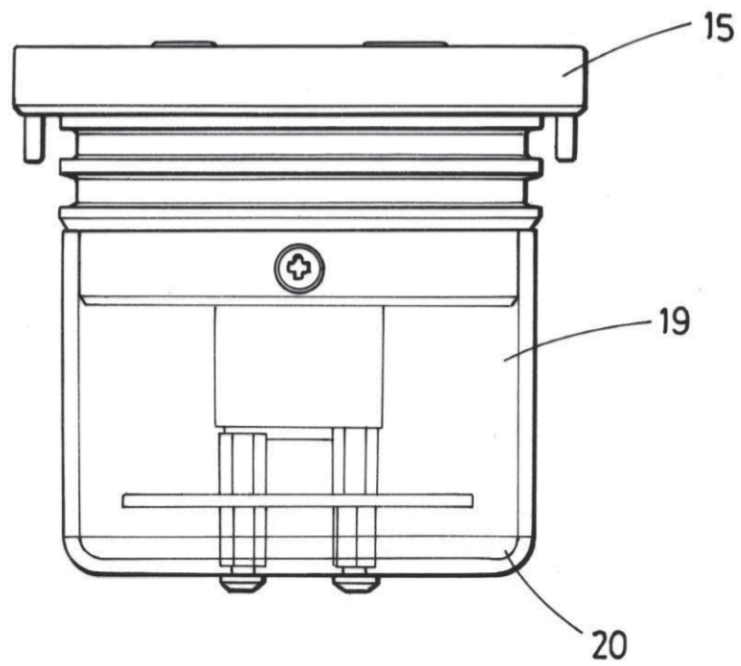


FIG.3

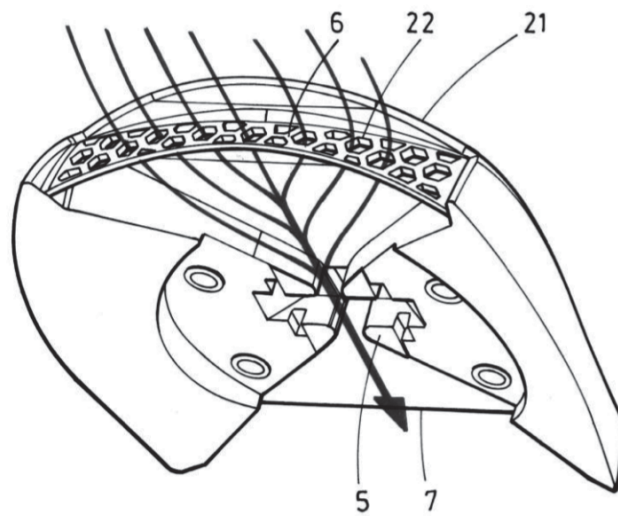


FIG. 4

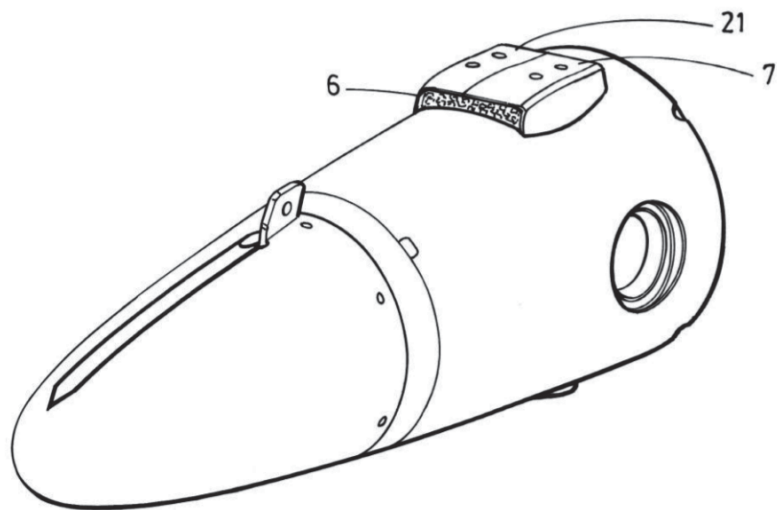


FIG. 5

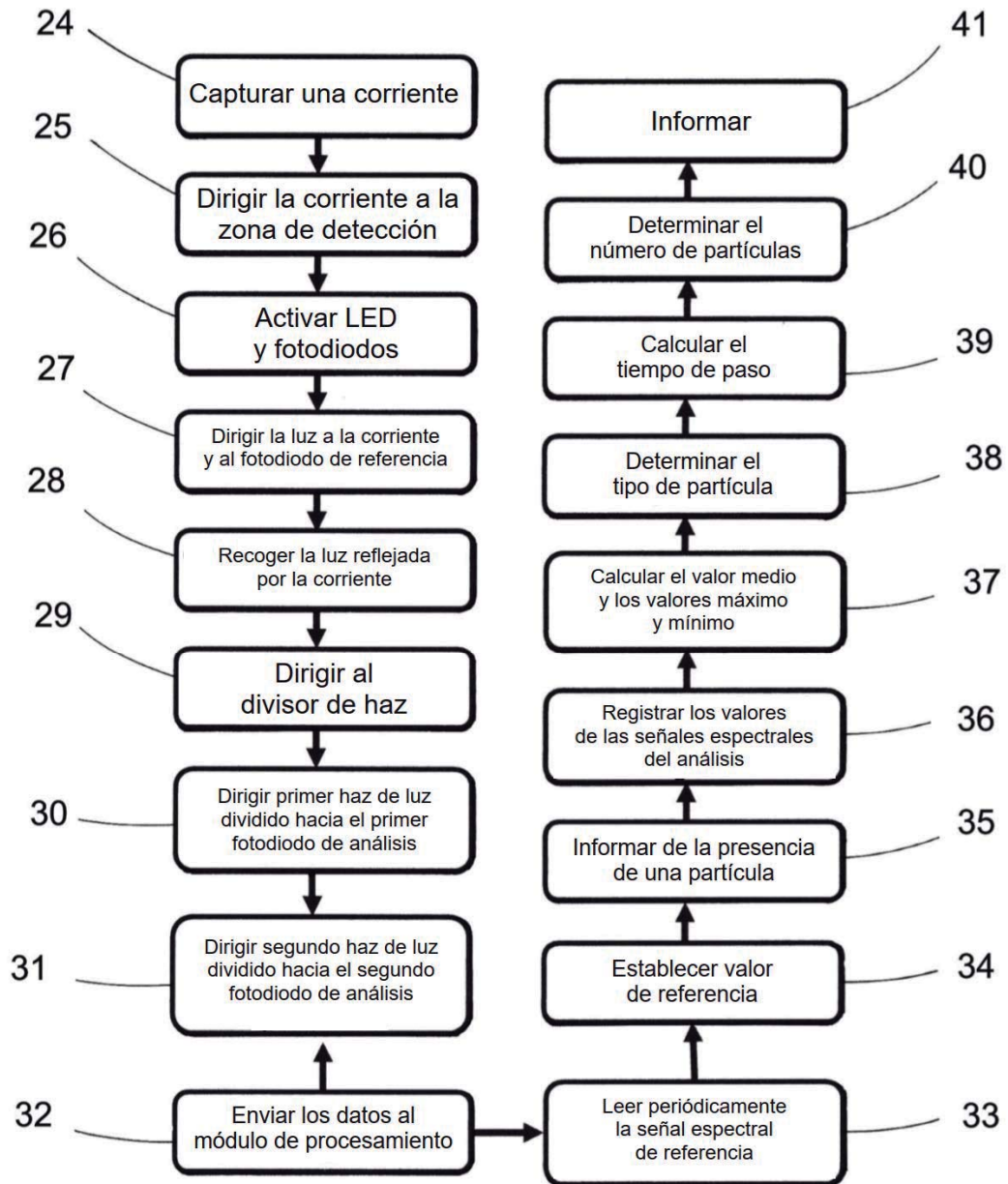


FIG.6