

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 304**

51 Int. Cl.:

G01N 21/53 (2006.01)
G01N 21/64 (2006.01)
G01N 27/62 (2006.01)
G01N 15/02 (2006.01)
G01N 21/17 (2006.01)
G01N 21/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.07.2008 PCT/EP2008/059916**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2009 WO09016169**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2008 E 08786554 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2176640**

54 Título: **Método y aparato para análisis en tiempo real de sustancias químicas, biológicas y explosivas en el aire**

30 Prioridad:
30.07.2007 US 830271

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.05.2017

73 Titular/es:
**SPHEREA GMBH (100.0%)
Wörthstrasse 85
89077 Ulm, DE**

72 Inventor/es:
**GÖBEL, JOHANN y
KESSLER, MATTHIAS**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 612 304 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 aparato para el análisis en tiempo real de sustancias químicas, biológicas y explosivas en el aire

Antecedentes y resumen de la invención

5 La presente invención se refiere a un método y aparato para el análisis en tiempo real de sustancias químicas, biológicas y explosivas en el aire.

Los dispositivos conocidos para detectar sustancias peligrosas individuales tienen generalmente una cámara de muestra cerrada para analizar las sustancias, y el propio análisis toma varios minutos. Los dispositivos para la detección de bacterias, virus u otras micropartículas proporcionan, por ejemplo, la filtración y marcación de las partículas correspondientes antes de que estas últimas puedan ser detectadas automáticamente.

10 El documento de patente alemana DE 103 06 900 A1 describe un espectrómetro que tiene una disposición de láser para analizar gas. El espectrómetro comprende una cámara para recibir un gas, un dispositivo para generar una caída de potencial en la cámara, una fuente de luz láser, así como un resonador óptico que está formado por espejos opuestos o está construido como un resonador en anillo. Dentro de la cámara, se genera un rayo láser para ionizar el gas. Se utiliza un colector de iones para la detección de iones acelerados.

15 **Un** dispositivo similar se describe en el documento de patente alemana DE 102 47 272 A1, en el que sin embargo, en lugar de un resonador óptico construido por espejos opuestos, se proporciona una celda de multirreflexión que tiene espejos que están contruidos de tal manera que el haz de láser se refleja muchas veces entre los espejos. Como resultado, se incrementa la distancia del haz de láser que interactúa con el gas, lo que conduce a una corriente más alta en el colector de iones. Debido a la disposición óptica generada por medio de los espejos, se forma una pluralidad de haces de láser que se extienden cada uno entre dos puntos de reflexión, se cruzan mutuamente en un área central y se esparcen hacia los espejos.

20

El documento US 5 485 276 A describe un dispositivo para el análisis de contaminantes gaseosos en el aire con una celda de multirreflexión, una fuente de radiación láser y un detector para detectar el haz de luz láser después de múltiples reflexiones dentro de la celda.

25 El documento GB 2 378 752 A describe un dispositivo para el análisis de contaminantes originados en el aire por detección de fluorescencia y dispersión inducida por la iluminación de una muestra de aire con luz ultravioleta.

El documento US 6 194 731 B1 describe un dispositivo para detectar aerosoles biológicos en aire ambiental que comprende una celda de multirreflexión a, una fuente láser UV y fotodetectores de fluorescencia.

30 Una desventaja del estado de la técnica conocido es que, por regla general, sólo una de muchas clases de sustancias peligrosas está cubierta por cada uno de los dispositivos respectivos. Además, los dispositivos conocidos no son capaces de detectar las sustancias directamente del aire ambiental, sin preenriquecimiento. Además, los tiempos de muestreo convencionales, que se encuentran en el intervalo de minutos, no pueden utilizarse para ciertas aplicaciones, tales como controles de tránsito, vigilancia de portales, vigilancia de riesgos, etc. Además, las soluciones conocidas son a menudo pesadas y voluminosas y tienen costes iniciales elevados .

35 Un objeto de la invención es, por lo tanto, proporcionar un método y un dispositivo mejorados para el análisis en tiempo real de sustancias químicas, biológicas y explosivas, en el que se pueden detectar y probar en el aire ambiental, rápidamente y con precisión, sustancias peligrosas, tales como biopatógenos, virus, bacterias, esporas, agentes de guerra química, explosivos, compuestos tóxicos y fármacos.

40 De acuerdo con la invención, este objetivo se consigue mediante el método según la reivindicación 1 y el aparato según la reivindicación 3.

Como resultado, se evitan las desventajas de las técnicas más avanzadas y se proporciona una solución mejorada para el análisis en tiempo real de sustancias químicas, biológicas y explosivas en el aire. En particular, la invención detecta y demuestra con rapidez y precisión sustancias peligrosas, tales como biopatógenos, virus, bacterias, esporas, agentes químicos de guerra, explosivos, compuestos tóxicos y fármacos en el aire ambiental. El número de patógenos o partículas radiactivas puede determinarse fácilmente. Por lo tanto, la invención consigue una medición de concentración relativa que no puede determinarse por medio de sensores del estado de la técnica. Además, los tipos de clase de amenaza se pueden determinar basándose en la relación de dimensiones, señales de fluorescencia y constituyentes gaseosos de las partículas medidas.

45

50 Uno de los principios de medición de la presente invención se basa en la tecnología espectroscópica de sensores de gas, que funciona utilizando la velocidad de los iones durante su movimiento bajo la influencia de un campo de deriva eléctrico en el aire. Basándose en las diferentes masas y secciones transversales de los iones, es posible diferenciar entre sustancias individuales. La señal se mide como un espectro de tiempo de llegada de diferentes tipos de iones,

como en la espectroscopía de tiempo de vuelo, pero sin la necesidad de instrumentación voluminosa, bombas de vacío, etc.

5 Tal espectroscopía de movilidad iónica (IMS) se usa para la presente invención. La mayoría de los instrumentos conocidos utilizados para este propósito operan por medio de un sistema de entrada de membrana y fuentes de iones radiactivos. Esto protege los instrumentos contra el agua, el vapor y cualquier otra contaminación concebible en el aire. El principio de ionización utilizado por estos instrumentos conocidos se basa en un mecanismo de reacción por transferencia de carga, que también se denomina ionización química.

10 Un elemento importante de la presente invención es la combinación de un dispositivo de detección de iones altamente sensible con un mecanismo de ionización altamente selectivo basado en láser. El proceso de ionización en sí es una etapa de ionización de dos fotones que conduce a un espectro de iones detallado que permite una mejor selectividad de la etapa de formación de iones y una mejor sensibilidad, hasta el rango de ppt (partes por trillón).

La parte de análisis de la instrumentación de espectroscopía de movilidad iónica se utiliza para detectar productos de reacción enzimáticos, materiales de partida de pirólisis de biomoléculas o productos químicos de toxinas.

15 Por otra parte, cada sistema o molécula biológica en células vivas exhibe una reacción fluorescente cuando es irradiada por luz UV. Como resultado, un componente del dispositivo de detección de bioaerosoles de acuerdo con la presente invención, específicamente una fuente de ionización láser sintonizable (TULIS), ofrece una excelente posibilidad para detectar los mecanismos de reacción fluorescente en células vivas.

20 Por último, la irradiación con láser intensa y la trayectoria de medición larga del dispositivo de acuerdo con la invención ofrecen una posibilidad simple de medir reflexiones de luz de las partículas, es decir, la retrodispersión. Esta señal puede usarse para detectar el número y el tamaño de las partículas.

25 La combinación de los sistemas de medición antes mencionados forma parte de la presente invención. En particular, la invención incluye: i) un sensor miniaturizado de movilidad iónica para detectar composiciones gaseosas o químicas; ii) una unidad de fluorescencia para detectar biomoléculas; y iii) una unidad de detección de retrodispersión para detectar el número y el tamaño de las partículas. Una celda de multirreflexión con una fuente láser sintonizable miniaturizada forma un elemento de combinación de estos componentes. La unidad de medida es un sistema abierto, en el que no se producen demoras entre el muestreo y el análisis.

La combinación e integración de CCDs, el espectrómetro de movilidad iónica, la celda de multirreflexión y el láser conduce a un dispositivo compacto e integrado.

30 La celda de multirreflexión (célula láser de paso múltiple - MLC) es el punto de muestreo y de conexión del sensor de análisis de gases (IMS), del sensor de fluorescencia y/o de luminiscencia y del sensor para medir el tamaño de partícula y el número de partículas. Se introduce un rayo láser en la celda de multirreflexión, cuya trayectoria de haz es alargada por varios reflejos internos entre dos espejos.

35 La longitud de la celda de multirreflexión es de aproximadamente 9 centímetros. La longitud de la trayectoria del haz se incrementa a aproximadamente 3 a 9 metros como resultado de los espejos, sin grandes pérdidas. La longitud de onda de la fuente de irradiación láser que se utiliza oscila entre 200 nm y 350 nm (preferiblemente 260 nm a 270 nm), con una frecuencia de repetición de 10 Hz a 50 Hz. La duración del impulso de la fuente láser asciende a 2 ns, y la energía media del impulso es de aproximadamente 60 μ J. Por ejemplo, se puede usar un láser de estado sólido de bomba de diodo de conmutación Q pasiva para la estimulación y ionización como fuente de irradiación láser. Un espectrómetro de movilidad de iones miniaturizado, que funciona en regiones lineales y de campo bajo, está conectado con la celda de multirreflexión. Mediante el uso de tecnología IMS de bajo campo, se obtienen tiempos de medición más cortos y espectros más detallados en comparación con la tecnología IMS de campo intenso. Debido a la excelente relación señal-ruido, se pueden lograr fácilmente las mediciones de "partes por trillón" (ppt).

45 Además, utilizando un proceso selectivo de ionización con dos fotones, se puede conseguir una mayor sensibilidad y una reducción significativa de influencias indeseables. Este es un componente importante de la parte del análisis. La invención puede por tanto operar en un sistema denominado abierto sin membranas o procesos de separación. Como resultado, se puede lograr una mayor sensibilidad con respecto a sistemas conocidos, con influencias de interferencia bajas y una medición en tiempo real.

50 De acuerdo con la invención, el láser emite radiación infrarroja que, sin embargo, se extiende dentro del rango UV, por medio de técnicas de modulación de frecuencia. Con una salida de onda cuasicontinua óptica de más de 1,5 mW, la fuente de irradiación láser es suficiente para detectar sustancias biológicas.

Cuando el haz láser estimula una absorción de fotones en la celda de multirreflexión, la intensidad de las señales de fluorescencia emitidas se recoge en una unidad de detección de fotodiodos por medio de filtros adecuados para la eliminación de la luz dispersada. Cuando se utiliza un láser sintonizable, se pueden utilizar filtros de cristal líquido ajustables (LCTF) o espectrómetros para aumentar la salida y lograr una resolución más alta.

- Además, se pueden conseguir características de detección mejoradas mediante el uso de fluorocromos en relación con anticuerpos. Los fluorocromos son marcadores fluorescentes de alto contenido cuántico y aumentan la eficiencia. La eficiencia de aciertos significa que el cambio entre la longitud de onda de estimulación y la longitud de onda de emisión es alto; por ejemplo, hasta 200 nm. Como resultado, el filtrado entre la longitud de onda de estimulación y la longitud de onda de emisión se facilita claramente.
- Se combina un sensor de retrodispersión de partículas con la celda de multirreflexión porque las partículas, aerosoles, bacterias y esporas generan una señal de retrodispersión intensiva cuando se encuentran con el haz de láser.
- Debido a la trayectoria de haz larga, se genera un gran número de señales de reflexión perpendiculares al haz de láser. Junto con un elemento detector CCD, se determinan a partir de ellas el tamaño y número de partículas. Además, se puede utilizar la llamada "velocimetría de imágenes de partículas" (PIV). Este software toma instantáneas de la posición de la partícula en momentos diferentes y calcula un modelo de velocidad a partir de él. El PIV se puede utilizar para regular y medir el flujo de aire examinado y para calcular los números de población.
- Los volátiles de toxinas (aerosoles) u otros tipos pueden ser detectados por medio del dispositivo de análisis de espectroscopía de movilidad iónica. Además de un tiempo de deriva específico, un proceso de ionización selectiva de sustancias da lugar a una medición en tiempo real con una resolución aumentada del proceso examinado.
- Las esporas y bacterias pueden detectarse por medio de los volátiles liberados de una reacción de pirólisis que se produce cuando se emite luz láser verde o IR intensa dentro de la célula MCL. Para una mejor diferenciación, la luz láser puede suministrarse de forma permanente o conmutada. Incluso los productos de pirólisis más pequeños de las membranas celulares de bacterias se pueden detectar de esta manera. Los volátiles detectables pueden ser amoníaco y ortonitrofenoles (ONP). Las esporas se detectan mediante la observación de dipicolinato de calcio (contenido de DPA 5-15%) o ácido picolínico (PA). La medición puede realizarse mediante espectroscopía de movilidad iónica o partes fluorescentes.
- En el caso de especies de tamaño de partícula, tales como bacterias, esporas y aerosoles, la irradiación con láser se refleja y se detecta por medio de señales de retrodispersión (LIDAR). El tamaño y el número de las partículas observadas se pueden utilizar para diferenciar, y se dispara una alarma a partir de un cierto valor de umbral.
- Dado que los virus son especies pequeñas de un tamaño entre 10 y 300 nm, la detección mediante el uso de señales dispersas es difícil. Para detectar virus, se cargan con un voltaje o se ionizan por medio de una fuente de láser, de manera que pueden ser identificados por separado y por el campo de deriva electrónica del dispositivo de espectroscopía de movilidad iónica.
- La mayoría de los patógenos para guerra biológica (BW) tienen preferiblemente una geometría que les permite propagarse en el medio ambiente. Estas sustancias en suspensión en forma de gota suelen tener un tamaño de entre 0.5-5 μm . Además de estos agentes patógenos, existen otras sustancias, tales como estabilizantes, disolventes o productos químicos adicionales. Una gran variedad de patógenos de BW se identifican por medio de disolventes y productos químicos conocidos de acuerdo con un patrón típico.
- Un módulo de identificación y de interfaz electrónico integrado, que está previsto para cada uno de los sensores correspondientes, funciona mientras interactúa con hardware coordinado con un procesador de señales y algoritmos de evaluación de señales.
- En la espectroscopía de movilidad iónica, las mediciones pueden realizarse hasta un nivel que permita detecciones en el intervalo de ppt. Los factores de señal a ruido están en el rango bajo de ppb en aproximadamente 100, y pueden ser intensificados fácilmente por un algoritmo. La concentración que proviene de BW es alta, particularmente cuando se usa nuestra fase de desorción por láser de la vaporización.
- La detección con una alta sensibilidad en la fase de partícula tiene tres partes. La primera es la intensa irradiación láser junto con la corta distancia hasta el punto de partida desde el que se realiza la medición, circunstancia que garantiza una buena detección global mientras interactúa con la sensibilidad. La segunda es la medición de la velocidad; y la tercera se basa en la longitud de onda corta realmente utilizada que emana de la fuente de radiación, de modo que también se consigue una buena sensibilidad durante la detección de partículas incluso pequeñas.
- Debido al uso dirigido de una estimulación impulsada por dos fotones, se logra una ganancia cuántica mucho mayor que la que se puede conseguir cuando se usa una estimulación que es impulsada por un fotón.
- Debido a la ionización amplificada de fotones múltiples por resonancia (REMPI), la sensibilidad de la espectroscopía de movilidad iónica basada en el láser es mayor que en el caso de las del tipo convencional. Según sea necesario, puede amplificarse adicionalmente mediante dos o tres procesos de ionización de color.
- Usando diferentes longitudes de onda para iluminar las partículas, se lleva a cabo un cambio eficaz durante la diferenciación de diversos tipos por medio del tamaño y la disposición. Además, se utilizan CCD de alta resolución

para recibir las señales de retrodispersión desde diferentes ángulos con el fin de obtener una imagen global multidimensional.

5 El uso de una estimulación accionada por dos fotones resonantes consigue una sensibilidad mejor que cuando se utilizan etapas de estimulación no resonantes accionadas por fotón único. Además, la alimentación pulsante reduce los problemas de superposición con respecto a las longitudes de onda de alimentación y emisión.

10 Como se mencionó anteriormente, el tiempo de medición durante la detección por espectroscopía de movilidad iónica es breve; la excelente relación señal/ruido conduce a un llamado "marco de medida de obturación única" (una medición con una sola exposición). Esto significa que una medición para la detección de los espectros toma 20 ms. Además, la identificación de partículas tiene lugar muy rápidamente (<1 ms) y es sólo una función de la tecnología CCD utilizada. Por ejemplo, se puede usar una matriz CCD. La detección de fluorescencia es también muy rápida (<20 ms) y es una función del CCD utilizable y la técnica de duplicación/identificación.

15 Para todos los sensores, las tasas de repetición para la detección están desde 25 ms hasta 100 ms. Esto significa que el tiempo de medición más largo es 100 ms; el tiempo de medición más corto es de 25 ms. En comparación con el tiempo de medición requerido (menos de 1 minuto), estos marcos de tiempo tienen como resultado que pueden realizarse entre 600 y 2400 mediciones por minuto, logrando un avance significativo en la mejora de los sistemas de señales y rutinas de acumulación.

Además, también se puede proporcionar un sensor de radiación nuclear para detectar emisiones radiactivas, y puede estar construido como un detector de deriva de silicio muy pequeño.

Breve descripción de los dibujos

20 La figura 1 es una representación esquemática de una realización preferida de un dispositivo según la invención para el análisis en tiempo real de sustancias químicas, biológicas, explosivas y radiactivas en el aire;

La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de identificación para el dispositivo según la invención para la identificación de sustancias biológicas suspendidas en el aire; y

La Figura 3 es una tabla de patrones de identificación.

25 Descripción detallada de los dibujos

30 La figura 1 es una vista esquemática de una realización preferida de un dispositivo según la invención para el análisis en tiempo real de sustancias químicas, biológicas y explosivas en el aire. Una unidad 6 láser a la derecha emite un haz de luz verde dentro de una celda 5 de multirreflexión para una mejor detección. La celda 5 de multirreflexión está construida como una trayectoria de medición abierta; es decir, a diferencia de los dispositivos conocidos, el aire ambiental puede fluir a través de la misma; en la presente realización, la longitud de la trayectoria de medición de la celda 5 multirreflexiva esencialmente paralelepípedica es de sólo 9 cm. En sus extremos longitudinales, la celda 5 de multirreflexión tiene en cada caso varios espejos (no mostrados), que están dispuestos de tal manera que el rayo láser se refleja múltiples veces entre los espejos. Como resultado, la trayectoria del haz de láser que interactúa con el gas se incrementa a 6 m en la realización. Debido a la disposición óptica generada por medio de los espejos, se forman una pluralidad de haces láser que se extienden cada uno entre dos puntos de reflexión, que se intersectan mutuamente en una zona central y que se extienden hacia los espejos. En este caso, la trayectoria del haz de un único rayo láser se extiende en gran parte paralelo.

35 Los espejos están hechos de vidrio de silicio, con superficies altamente reflectantes para longitudes de onda UV y verdes. Las superficies de los espejos consisten en capas no conductoras depositadas en vapor que están especialmente diseñadas para las cepas causadas por irradiación con láser. Cada componente de este dispositivo está montado de manera ajustada con precisión en un marco de cerámica. No se requiere un ajuste adicional de los elementos individuales.

Un detector 7 de absorción está dispuesto en el extremo de la celda de multirreflexión situada enfrente de la unidad 6 de láser, que está construida como una fuente de ionización láser ultravioleta sintonizable.

45 Un sensor 1 de fluorescencia y un sensor 2 de retrodispersión (que está construido como un elemento detector CCD) se proyectan desde arriba hacia el trayecto de medición de la celda 5 de multirreflexión. Además, un sensor 3 de radiación nuclear construido en esta realización como un sensor de deriva de silicio está dispuesto por debajo de la trayectoria de medición. Además, un sensor 4 químico, en forma de un láser IMS, está situado por debajo de la trayectoria de medición.

50 Los sensores 1,2,3,4 están conectados con un dispositivo de evaluación en forma de unidad lógica aritmética digital, que evalúa las señales de los sensores 1,2,3,4 en tiempo real y, según se requiera, emite una alarma de peligro.

El sensor de partículas tiene un dispositivo de acoplamiento de carga (CCD) que puede capturar la retrodispersión de las señales láser desde diferentes ángulos.

La tecnología de movilidad de iones tiene placas paralelas con estructuras de campo de deriva integradas, un amplificador y varios elementos fabricados micromecánicamente.

- 5 El elemento láser puede estar construido con una frecuencia, frecuencias múltiples o un oscilador ópticamente paramétrico (OPO) que tiene un intervalo de frecuencias sintonizables.

Cada uno de los sensores tiene sus propias ventajas. El sensor 4 químico tiene una alta sensibilidad y selectividad. El sensor 1 de fluorescencia es un instrumento de alta eficiencia para la identificación de una pluralidad de especies biológicas como resultado de la reacción de luminiscencia o fluorescencia especial.

- 10 Dado que cada sensor descrito tiene la capacidad de realizar una medición en tiempo real, la superposición predecible de tiempos para el programa de evaluación de patrones básicos es corta. En tal caso, existe la oportunidad básicamente concebible de examinar la muestra correspondiente por medio de otras tecnologías físicas.

- 15 La figura 2 es un diagrama de flujo que muestra un algoritmo de identificación llevado a cabo por la unidad de evaluación. La figura 3 es una tabla que refleja el patrón de identificación. El algoritmo de identificación se basa en la ionización A, la fluorescencia B y la retrodispersión C de señal, y conduce a una señal de salida con ocho patrones básicos: para la etapa de ionización (A), éstos incluyen la carga, la movilidad y la longitud de onda, para la etapa de fluorescencia (B), color, duración, longitud de onda; y para la etapa (C) de retrodispersión, tamaño y número. Cada una de estas señales tiene sus propias características especiales, como la concentración, la longitud de onda, la movilidad, el tamaño, la cantidad, la emisión, etc., como se muestra en la Figura 3. La matriz relativa a estos criterios se pondera mediante los parámetros del entorno de medición .
- 20

La descripción anterior ha sido expuesta meramente para ilustrar la invención y no pretende ser limitativa. La invención debe ser interpretada para incluir todo lo que está dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Lista de símbolos de referencia

- 1 Sensor de fluorescencia
- 25 2 sensor de retrodispersión
- 3 sensor de radiación nuclear
- 4 sensor químico
- 5 celda de multirreflexión (celda láser de paso múltiple)
- 6 unidad láser
- 30 7 detector de absorción
- A ionización
- B fluorescencia
- C retrodispersión

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el análisis en tiempo real de sustancias químicas, biológicas y/o explosivas en el aire, comprendiendo dicho procedimiento: irradiación con láser UV de un flujo de muestra de aire en una celda de trayectoria de medición abierta con multirreflexión;
- 5 - detección de carga, movilidad y longitud de onda a partir de la ionización de la muestra;
- detección de color, duración y longitud de onda de la medida de fluorescencia de la muestra;
- detección del número y el tamaño de las partículas a partir de la medida de retrodispersión de la muestra;
- detectar señales de sensor generadas en dichas etapas de ionización, medición de fluorescencia y retrodispersión;
- y,
- 10 - determinar, por medio de una unidad de evaluación que utiliza un algoritmo para la evaluación de dichas señales de sensor, la presencia de sustancias peligrosas en dicha muestra de aire, según las etapas de evaluación de:
- A, B, C presentes = todas las sustancias peligrosas,
- A, B presentes = esporas bacterianas,
- A, C presentes = sustancias tóxicas en suspensión,
- 15 - A presente = partículas no orgánicas,
- B, C presentes = Sustancias Orgánicas Volátiles tóxicas orgánicas (VOS),
- B presente = virus,
- C presente = Compuestos Volátiles orgánicos y no orgánicos (CV); en el que A representa resultados positivos de ionización, B representa presencia de fluorescencia y C representa presencia de retrodispersión.
- 20 2. Procedimiento para el análisis en tiempo real de sustancias químicas, biológicas explosivas y/o radiactivas, caracterizado porque comprende un procedimiento según la reivindicación 1 y, además, una etapa para detectar radiación nuclear en la muestra.
3. Aparato para ejecutar el procedimiento de la reivindicación 1, comprendiendo dicho aparato:
- un sensor (3) de espectroscopía de movilidad de iones láser (IMS);
- 25 - un sensor (1) para detectar al menos una de fluorescencia o luminiscencia;
- un sensor (2) de retrodispersión para detectar información relativa al número y tamaño de las partículas;
- una celda (5) de multirreflexión a la que están acoplados al menos operacionalmente el sensor (3) de espectroscopía de movilidad de iones láser, el sensor (1) para detectar al menos una de fluorescencia o luminiscencia, y el sensor (2) de retrodispersión;
- 30 - una fuente (6) de radiación láser dispuesta para emitir radiación UV láser dentro de dicha celda (5) multirreflexión; y
- una unidad de evaluación acoplada para recibir señales de salida de dichos sensores, configurada para realizar las siguientes etapas de evaluación de:
- A, B, C presentes = todas las sustancias peligrosas,
- A, B presentes = esporas bacterianas,
- 35 - A, C presentes = sustancias tóxicas en suspensión,
- A presente = partículas no orgánicas,
- B, C presentes = Sustancias Orgánicas Volátiles tóxicas orgánicas (VOS),
- B presente = virus,

- C presente = Compuestos Volátiles orgánicos y no orgánicos (CV); en el que A representa resultados positivos de ionización, B representa la presencia de al menos una de fluorescencia o luminiscencia y C representa presencia de retrodispersión

en el que

- 5 dicho sensor (2) de retrodispersión y dicho sensor (1) para detectar al menos una de fluorescencia o luminiscencia está posicionado para detectar la interacción entre dicha radiación láser y una muestra presente en dicha celda (5) de multirreflexión; y,

dicha celda (5) de multirreflexión está construida como una trayectoria de medición abierta, que está abierta a la atmósfera ambiente circundante.

- 10 4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho sensor (3) de espectroscopía de movilidad de iones láser comprende un sensor de espectroscopía de movilidad iónica de bajo campo que utiliza un mecanismo de ionización de fotones múltiples amplificado por resonancia con base en láser.

5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho sensor (2) de retrodispersión y dicho sensor (1) para detectar uno de fluorescencia y luminiscencia comprenden un conjunto de CCD.

- 15 6. Aparato según la reivindicación 3, en el que dicha unidad de evaluación analiza dichas señales de salida de dichos sensores (1, 2, 3) y detecta la presencia de sustancias explosivas químicas o biológicas en la atmósfera ambiente dentro de dicha celda de multirreflexión, por medio de un algoritmo de detección basándose en una tabla almacenada de datos que son característicos de dichas sustancias.

7. Aparato según la reivindicación 3, que comprende un sensor de radiación nuclear.

20

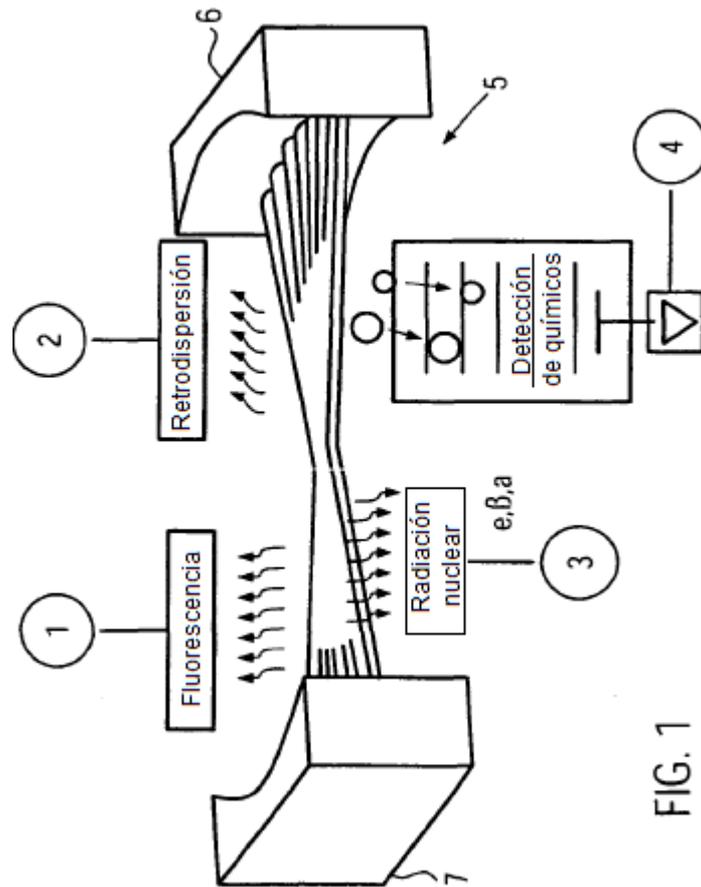


FIG. 1

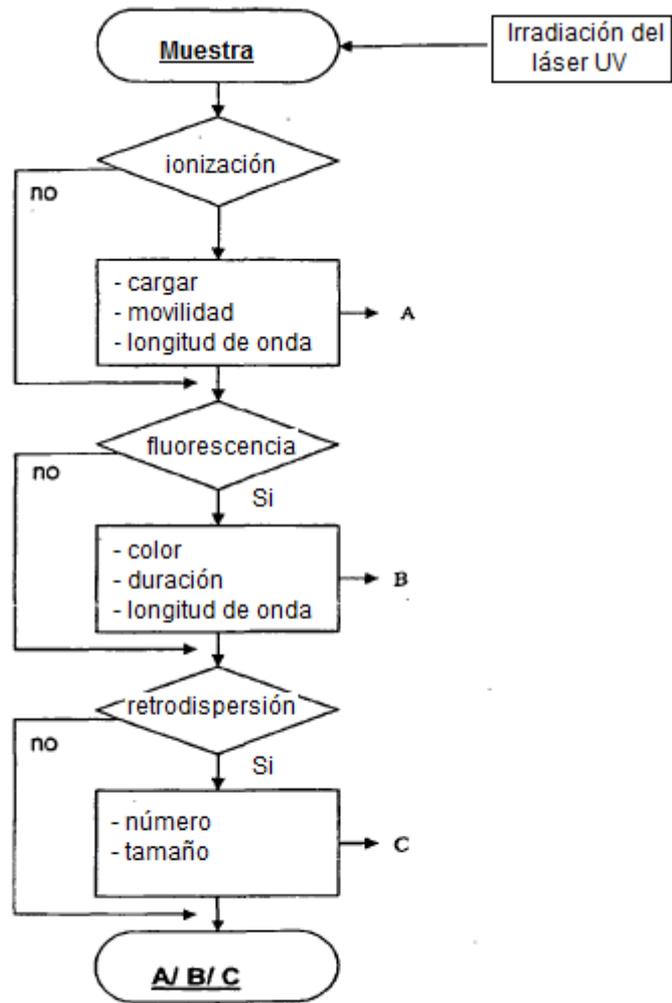


Fig. 2

Ionización A	Fluorescencia B	Retrodispersión C		Firma de resultados
•	•	•	todos	1
•	•	-	esporas bacterianas	2
•	-	•	Sustancias suspendidas tóxicas	3
•	-	-	partículas no orgánicas	4
-	•	•	tóxico orgánico VOS	5
-	•	-	virus	6
-	-	•	VOS orgánico y no orgánico	7
-	-	-	nada	8

Fig. 3