

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 961**

21 Número de solicitud: 201631487

51 Int. Cl.:

G01N 15/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

18.11.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

30.06.2017

Fecha de concesión:

06.06.2018

45 Fecha de publicación de la concesión:

13.06.2018

73 Titular/es:

**CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICA ,
MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS
(CIEMAT) (33.3%)**

**Avenida Complutense, 40
28040 MADRID (Madrid) ES;**

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (33.3%) y
UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO (UPV/EHU)
(33.3%)**

72 Inventor/es:

**ALONSO GÁMEZ, Manuel Angel;
GUTIÉRREZ-CAÑAS MATEO, Cristina;
RODRIGUEZ MAROTO, Jesus Javier;
ROJAS GARCIA, Enrique y
MOLINERO VELA, Antonio**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **SENSOR ANALIZADOR INTEGRAL DE MOVILIDAD DE NANOPARTICULAS SUSPENDIDAS EN UN GAS Y SISTEMA PARA ANALIZAR NANOPARTÍCULAS QUE LO COMPRENDE**

57 Resumen:

Sensor analizador integral de movilidad de nanopartículas suspendidas en un gas y sistema para analizar nanopartículas que lo comprende y que permite proporcionar en tiempo real y de modo continuo la concentración de partículas de diámetro equivalente de movilidad inferior a un cierto valor (diámetro de corte), pudiendo ser dicho diámetro de corte seleccionado por el usuario, haciéndolo versátil para su aplicación en una amplia variedad de procesos industriales y medioambientales. Incluye un cabezal de entrada (C1) con un conducto de entrada de aerosol (T3) y un conducto de entrada de aire limpio (T1) y de una pluralidad serie de rejillas laminarizadoras (R1, R2). También incluye un condensador eléctrico (22) con dos electrodos (E1, E2) y un electrómetro (30).

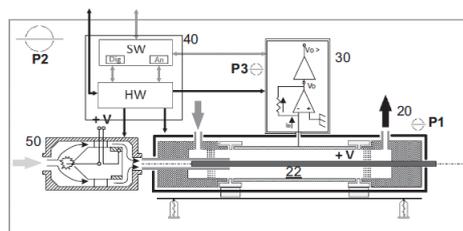


Fig. 1

ES 2 620 961 B1

**SENSOR ANALIZADOR INTEGRAL DE MOVILIDAD DE NANOPARTICULAS
SUSPENDIDAS EN UN GAS Y SISTEMA PARA ANALIZAR NANOPARTÍCULAS
QUE LO COMPRENDE**

DESCRIPCIÓN

5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención está relacionada con los dispositivos para estudio y caracterización de las emisiones de partículas atmosféricas generadas en distintos sectores (eléctrico, refino, transporte, etc.). En particular se refiere a un sensor y sistema que está basado en un condensador para analizar la movilidad eléctrica de nanopartículas.

Antecedentes de la invención

De las emisiones industriales de partículas a la atmósfera, es particularmente importante el control de las nanopartículas porque son éstas las que recorren mayores distancias en la atmósfera, son ellas sobre las que condensan en mayor proporción los compuestos tóxicos presentes en las emisiones gaseosas, y son, además, las que penetran y se depositan con mayor facilidad en los pulmones.

La instrumentación existente en la actualidad para la detección y medición de aerosoles nanoparticulados se reduce básicamente a los llamados Analizadores Diferenciales de Movilidad (DMA), en los que las partículas, a las que previamente se les ha impartido una distribución de carga eléctrica conocida, son clasificadas según su movilidad eléctrica mediante la aplicación de un campo eléctrico. La concentración de las partículas así clasificadas es medida mediante un contador de partículas o un electrómetro. Aplicando sucesivos valores del campo eléctrico se obtiene la distribución de movilidad eléctrica del aerosol, a partir de la cual (y en combinación con la distribución de cargas, conocida) puede deducirse la distribución de tamaños de partícula. El primer instrumento comercial de este tipo se remonta a la década de los 70 del siglo pasado, y puede considerarse como el prototipo de los así llamados DMA monocanales (single-channel DMA). Otro tipo de aparato, basado en los mismos principios físicos, es el llamado DMA multicanal, desarrollado por las mismas fechas en la Universidad de Tartu.

Posteriormente, especialmente a partir de 1990, fueron apareciendo nuevos DMAs, basados en el mismo principio físico pero ofreciendo mejores prestaciones para la medición de partículas cada vez más pequeñas, incluso iones. Sin embargo, todos estos equipos son bastante caros y delicados, y su manejo presupone un mínimo conocimiento científico-técnico, por lo que no resultan adecuados para su utilización por operarios no cualificados en mediciones en línea en procesos industriales.

Los DMAs convencionales se emplean para generar una corriente continua de aerosol monodisperso, y especialmente para medir la distribución de tamaños de partícula. Para que un DMA convencional pueda medir en línea y de forma continua la concentración de partículas requiere necesariamente realizar la medición de la distribución completa de tamaños y, después, efectuar la integración numérica de la curva así obtenida. Lo que significa que, si se emplea un DMA convencional, precisa un determinado tiempo, 30 s en el mejor de los casos, para determinar la concentración de partículas con tamaño inferior a uno dado, lo cual puede hacer inviable su empleo en el control en línea de los procesos de aerosoles.

Breve descripción de la invención

A la vista de las limitaciones existentes en el estado de la técnica, sería ventajoso disponer de un sensor y un sistema para analizar nanopartículas más fácil de fabricar y de manejar y más económico que los existentes. Sería deseable que pueda ser utilizado por operarios no cualificados en el control automático en línea de procesos de partículas y que permita medir en línea y de forma continua la concentración de partículas de tamaño inferior a uno prefijado.

A tal efecto, se propone un sensor analizador integral de movilidad (en contraposición a diferencial) que opera a voltaje fijo (esto es, campo eléctrico constante) en combinación con un electrómetro, capaz de medir la concentración de las partículas con movilidad eléctrica superior a un valor prefijado. Dado que hay una correspondencia entre movilidad eléctrica y tamaño, se pueden detectar partículas con diámetro inferior a uno dado, denominado diámetro de corte. El diámetro de corte es función del voltaje fijo aplicado al analizador integral, de forma que puede elegirse libremente atendiendo a las necesidades de la aplicación específica en consideración.

El término "integral" se refiere a que con una sola medición es posible determinar la concentración total de partículas de tamaño inferior a uno dado (para obtener dicha

concentración empleando un DMA diferencial sería necesario integrar la curva de distribución entre los valores deseados de tamaño de partícula).

La presente invención puede también emplearse como una alternativa a los DMAs conocidos para la medición de la distribución de tamaños de partícula. Para ello se emplean sucesivos valores del campo eléctrico aplicado entre los electrodos del sensor y se mide, mediante un contador de partículas o un electrómetro de aerosoles, la concentración de las partículas que salen del mismo sin haber sido depositadas en el electrodo exterior del sensor. De la curva así obtenida se obtiene directamente, por diferenciación, la distribución de movilidades del aerosol y, de aquí, la distribución de diámetros de partícula puesto que la distribución de cargas eléctricas en el aerosol es conocida.

Preferiblemente, el sistema de nanopartículas incorpora como sensor un analizador integral de movilidad eléctrica con un cabezal de entrada provisto de dos tubos o conductos, generalmente metálicos, para la alimentación del aerosol a medir y de una corriente de aire de arrastre "sheath" seco y exento de partículas, y de una serie de rejillas laminarizadoras del flujo de aire seco y limpio. El analizador integral cuenta con un condensador cilíndrico-concéntrico con dos electrodos, uno interior conectable a una fuente de alto voltaje de corriente continua y otro exterior conectable a un electrómetro. Un cabezal de salida provisto de un tubo metálico sirve para extraer las dos corrientes del cabezal de entrada, que llevan suspendidas todas las partículas que no se depositan electrostáticamente sobre el electrodo exterior (e.g. con diámetro superior al de corte). Incorpora también un cargador eléctrico, basado en una descarga de corona, para impartir una distribución conocida de cargas eléctricas sobre las partículas del aerosol antes de que pasen a la cámara del sensor. Incorpora también una fuente de alto voltaje de corriente continua para aplicar la diferencia de potencial deseada entre los electrodos del condensador eléctrico que forman parte de la cámara del sensor. Incluye el sensor asimismo un electrómetro con capacidad para medir corrientes eléctricas (preferiblemente entre 1 y 8×10^4 fA) conectado con el electrodo exterior del condensador para medir la concentración de partículas de tamaño inferior al de corte que se depositan sobre dicho electrodo exterior.

El analizador integral puede incorporar un apantallamiento electromagnético para minimizar errores en la medición de la corriente eléctrica inducida por las cargas de las partículas depositadas sobre el electrodo exterior del condensador.

Ventajosamente, los elementos componentes del sensor pueden alojarse de forma compacta en el interior de una caja metálica, totalmente amortiguado por elementos antivibratorios (por ejemplo con dimensiones 100 x 300 x 400 mm), fácilmente transportable (con poco peso) tanto en mediciones industriales como en medidas de campo itinerantes.

En suma, el sensor analizador integral de movilidad para nanopartículas suspendidas en un gas permite proporcionar en tiempo real y de modo continuo la concentración de partículas de diámetro equivalente de movilidad inferior a un cierto valor de diámetro de corte. Este diámetro de corte puede ser seleccionado por el usuario.

Breve descripción de las figuras

FIG. 1. Esquema general del sensor de nanopartículas.

FIG. 2. Esquema de los flujos en el analizador integral de movilidad.

FIG. 3. Cargador eléctrico por descarga de corona.

FIG. 4. Esquema del condensador del analizador integral de movilidad.

FIG. 5. Electrómetro para la medida de corrientes muy bajas (fA).

Descripción detallada de la invención

Con referencia a las figuras anteriores, se expone un ejemplo de realización para un mejor entendimiento de la presente invención.

La **FIG. 1** muestra un esquema general de los elementos principales de un ejemplo de sistema para analizar nanopartículas según la presente invención. El sistema incluye un cargador eléctrico **50** para impartir una distribución específica de cargas al aerosol; un sensor analizador integral de movilidad **20** que incluye un módulo condensador **22** con dos electrodos cilíndrico-concéntricos **E1**, **E2** entre los que se aplica una determinada diferencia de potencial; y un electrómetro **30** con nivel de ruido del orden

de fA para medir de forma continua la concentración de las partículas que se depositan en el electrodo exterior **E2**.

Los elementos del sistema son básicamente, un cargador eléctrico **50**, el sensor analizador integral **20**, el electrómetro **30** y todo ello apantallado, amortiguado y gestionado por una unidad de procesamiento **40** como se muestra en la **FIG. 1**. El núcleo de la realización es el sensor **20** que es un analizador integral de movilidad eléctrica. En las **FIGs. 2 y 4** se muestran dos funciones del mismo como condensador eléctrico y como distribuidor de flujo de partículas, donde se aprecian las partes del condensador y las direcciones de los caudales.

En la **FIG. 2** se muestran los flujos existentes en el sensor analizador integral de movilidad **20** donde **Qa** es el caudal volumétrico del aerosol, **Qsh** es el caudal volumétrico de aire limpio (sin partículas) y seco, y además se ilustran los dos electrodos exterior **E1** e interior **E2** del condensador. Al aplicar una diferencia de voltaje V entre los electrodos, todas las partículas con movilidad eléctrica superior a Z se depositan en el electrodo exterior **E1**, donde

$$Z = \frac{(Q_a + Q_{sh}) \ln(R_2/R_1)}{2\pi LV}$$

siendo R_1 y R_2 los radios de los electrodos, y L la longitud del electrodo exterior **E1**.

Existe una relación sencilla entre la movilidad y el diámetro de partícula (la así llamada ecuación de Stokes-Einstein), por lo que se puede también afirmar que al aplicar un voltaje V todas las partículas con diámetro inferior al correspondiente a la movilidad Z (diámetro de corte) son depositadas sobre el electrodo exterior **E1**.

La concentración de partículas de tamaño inferior al de corte puede inferirse de la intensidad de corriente producida por las partículas depositadas en el electrodo exterior **E1**, para lo cual es necesario usar un electrómetro capaz de medir corrientes entre aproximadamente 1 fA y 8 pA.

Para medir la distribución de tamaños de partícula del aerosol alimentado, puede acoplarse a la salida del sensor analizador integral de movilidad **20** un contador de partículas para medir la concentración de las partículas que no son depositadas sobre el electrodo exterior **E1** (éstas son las partículas que salen por la corriente cuyo caudal es **Qa+Qsh**, como se muestra en la **FIG. 2**).

En la **FIG. 3** se ilustra un ejemplo de cargador eléctrico **50** cuya función es la de aplicar una distribución de carga conocida a las nanopartículas que van a circular por la cavidad formada en el interior del sensor analizador de integral movilidad **20**. La descarga de corona provoca la ionización de las moléculas del gas (generalmente aire) en el que están suspendidas las partículas; una fracción de los iones así formados difunden hacia la superficie de las partículas que, en consecuencia, adquieren carga eléctrica. En la presente realización este cargador **50** es preferentemente un desarrollo ya realizado y disponible para su acoplamiento al sensor, descrito en la solicitud española P 200200852 (titulada "Dispositivo para el cargado eléctrico de nanopartículas suspendidas en una corriente gaseosa").

En la **FIG. 4** se ilustran el resto de elementos del sensor analizador de movilidad **20**, en particular:

- Cabezales cilíndricos **C1** y **C2** de material no reactivo tipo acero inoxidable.
- El tubo **T3** metálico de material no reactivo por donde se introduce el aerosol, y de longitud calculada para que salga un tanto por ciento del cabezal **C1**. El diámetro de dicho tubo es mayor que el de los tubos **T1** y **T2**.
- Los tubos **T1** para la entrada de aire limpio y **T2** para la salida de la corriente conjunta resultante de la combinación de las dos corrientes alimentadas al cabezal **C1**. Estos dos tubos son de material no reactivo tipo acero inoxidable y de igual longitud y diámetro.
- Electrodo exterior **E1**, preferiblemente un cilindro de material no reactivo, tipo acero inoxidable, de longitud y diámetro calculados para que se depositen sobre él las partículas de tamaño inferior al de corte.
- Electrodo interior **E2**, preferiblemente una barra cilíndrica de material no reactivo, tipo acero inoxidable, conectado a una fuente de corriente continua de alto voltaje. El centrado de este electrodo es fundamental; la holgura entre **E2** y la pared interior de **T3** debe ser muy pequeño, lo más preciso posible.
- Uniones **U1** y **U2** de material dieléctrico con buenas propiedades como aislante eléctrico.
- Una serie de rejillas **R1** y **R2** con una luz de malla adecuada para la laminarización del flujo de aire limpio y seco, de material no reactivo preferiblemente acero inoxidable.

- Un apantallamiento **P1** principalmente diseñado para campos electromagnéticos alternantes y campos magnéticos estáticos.

En la **FIG. 5** se ilustra un ejemplo electrómetro **30**, que está conectado con el electrodo exterior **E1** del sensor analizador integral de movilidad **20**. El acoplamiento se realiza mediante conectores coaxiales tipo PL (macho-hembra) los cuales garantizan máxima estabilidad mecánica y excelente conductividad eléctrica además de un buen apantallamiento eléctrico con fugas de corriente muy bajas y aislando perfectamente la conexión entre el electrodo **E1** con el electrómetro **30** y el apantallamiento **P1** a través un material aislante (por ejemplo, nylon, Ertalyte®, delrin o preferiblemente teflón) con buenas propiedades como aislante eléctrico. Este electrómetro **30** es un instrumento con capacidad para la medición de corrientes eléctricas en el intervalo entre 1 fA y 8 pA.

El conjunto descrito, cargador **50** más sensor analizador integral de movilidad **20** más electrómetro **30**, estos dos últimos apantallados de forma individual, se integra de forma compacta en una caja metálica. De esta forma, se consigue un equipo de dimensiones relativamente reducidas, de transporte fácil e instalación inmediata. Además, esta caja metálica sirve como un primer apantallamiento **P2** del equipo. Un segundo apantallamiento **P1**, preferiblemente de aluminio, es el que corresponde al conjunto sensor analizador integral de movilidad **20** y **P3** al electrómetro **30** para evitar interferencias electromagnéticas y señales y corrientes inducidas.

Como se ilustra en la **FIG. 1**, el dispositivo está también provisto de una unidad de procesamiento **40** con módulos HW y SW encargados de gestionar todos los elementos del sistema incluyendo el sensor analizador integral de movilidad **20**. Los módulos incluyen una electrónica desarrollada para el control del sensor analizador integral de movilidad **20** y los distintos elementos, la adquisición y tratamiento de datos, representación gráfica y presentación al usuario. Incluye también una interface de comunicaciones a PC.

El electrómetro **30** es capaz de proporcionar medidas precisas de la corriente eléctrica inducida por las cargas de las partículas que, por aplicación de un campo eléctrico fijo entre los electrodos **E1** y **E2**, han migrado hacia el electrodo exterior **E1** y se han depositado sobre él. Del valor medido de la intensidad de corriente se infiere directamente el valor de la concentración de las partículas depositadas, es decir, de aquellas partículas con diámetro inferior al diámetro de corte preestablecido.

El sensor analizador integral de movilidad **20** puede también ser utilizado para la determinación de la distribución de tamaños de partícula de un aerosol polidisperso, para lo cual basta con hacer un barrido del voltaje aplicado en el condensador y diferenciar la curva concentración/voltaje resultante.

5 El electrómetro **30** es un instrumento compacto que ha sido especialmente diseñado para la medición de corrientes ultra-bajas (fA) en sistemas conectados a alta tensión (kV). El electrómetro incorpora un preamplificador (**FIG. 5**) que captura las corrientes eléctrica ultra bajas que corresponden a las cargas que llevan las partículas en el aerosol depositado y la amplifica a niveles más altos. Su exclusivo diseño está
10 orientado a maximizar la relación señal / ruido de la señal que mide. Sus características más destacadas son:

- Transimpedancia de 5×10^{11} V/A
- Mediciones de corriente en un rango de 4 décadas con 0.1 fA de resolución.
- Nivel de ruido del orden del fA. RMS de 1,5 fA.
- 15 • Ancho de banda de al menos 1 Hz de frecuencia que permite la monitorización en tiempo real.
- Rechazo en modo común de 83 dB.
- Corriente de bias de tan solo +/-2 fA, corriente de polarización del amplificador o mínima corriente absoluta detectable.
- 20 • Apantallamiento de diferentes elementos electrónicos (componentes, cables) para evitar, o al menos minimizar, posibles corrientes de fuga que afecten a las mediciones del electrómetro.
- Ajuste de la desviación. Compensación (offset) para ajuste a cero. Ajuste de forma manual mediante potenciómetro o remota a través de fuente de voltaje externa
25 (+/- 5V).
- Alimentación normal con 2 baterías de Li-Po conectadas en serie de 3,7V 1.250 mAh, vida útil de 5000 horas aproximadamente, ruido de salida de +/- 5Vpp con baterías. Posibilidad de alimentación con fuente externa.

Por último, la conexión entre el electrómetro **30** y el electrodo **E1** debe ser de la menor resistencia eléctrica posible. Por ejemplo, conexión de oro, plata o paladio preferiblemente.

5 La caja en la que están incluidos todos los elementos del sistema, es efectiva como segundo apantallamiento de campos magnéticos alternantes y estáticos, y adicionalmente evita campos electromagnético de radio frecuencia y eléctricos.

Dentro de la caja, el sensor de nanopartículas está anclado a una base metálica a través de unos soportes de material aislante. El acoplamiento del sensor en la caja se realiza a través de unos sistemas para la amortiguación de las vibraciones que le
10 vengan del exterior para evitar un nivel de ruido indeseado en la medida del electrómetro. También evita la alteración mecánica en el sensor.

Aplicaciones

El sensor de nanopartículas basado en un analizador integral de movilidad eléctrica podrá ser utilizado para la medición en línea de la concentración numérica de
15 partículas con tamaño inferior a un valor prefijado ("tamaño de corte") presentes en emisiones gaseosas industriales.

En particular, una aplicación práctica puede ser la utilización del sensor para evaluar en línea el deterioro progresivo de los filtros de partículas empleados en la industria. Si una manga de un filtro se va deteriorando dejará pasar una mayor concentración de
20 partículas de manera progresiva. Una detección precoz de este fenómeno puede ser fundamental para evitar problemas medioambientales u otros problemas técnicos en las plantas industriales. Muchas veces el deterioro de una manga en una industria no se aprecia hasta que no es muy evidente y por tanto se han emitido grandes cantidades de partículas que pueden ser nocivas.

25 Otra aplicación puede ser la de acoplar el sensor en cualquier planta en la que se usen filtros de partículas, sean de mangas, o electrostáticos o de cualquier otro tipo. La idea esencial es monitorizar de forma continua el nivel de partículas ultrafinas (menores de, digamos, 50 nm) presentes en la corriente de salida del filtro: si el filtro está funcionando correctamente, la respuesta del sensor será, en teoría, una sucesión de
30 valores de concentración de las nanopartículas fluctuando alrededor de un cierto valor medio; si, por la razón que fuere, el filtro deja de funcionar adecuadamente, lo normal

es que esa concentración media se dispare y ello se manifieste en una variación drástica, repentina o paulatina, en la respuesta del sensor.

Como tercera posible aplicación, el sensor podrá también ser utilizado para la determinación de la distribución de tamaños de partícula de un aerosol, para lo cual
5 basta con hacer un barrido del voltaje aplicado en el condensador y diferenciar la curva concentración/voltaje resultante.

REIVINDICACIONES

1. Sensor analizador integral de movilidad de nanopartículas (20) suspendidas en un gas que comprende:

5 - un condensador eléctrico (22) que comprende un electrodo exterior (E1) y un electrodo interior (E2);

- un cabezal de entrada (C1); y

- un cabezal de salida (C2);

10 caracterizado por que los cabezales (C1,C2) y el electrodo exterior (E1) están dispuestos formando internamente una cavidad; con el cabezal de entrada (C1) comprendiendo un conducto de entrada de aire limpio (T1) para introducir en la cavidad un flujo de aire seco exento de partículas (Qsh), un conducto de entrada de aerosol (T3) para introducir en la cavidad un flujo de aerosol (Qa), siendo dicho conducto de entrada de aerosol (T3) eléctricamente conductor; con el cabezal de salida (C2) comprendiendo un conducto de salida (T2) para extraer un flujo resultante (Qa+Qsh) de partículas suspendidas con tamaño mayor que un umbral definido en función del voltaje aplicado al condensador (22).

20 2. Sensor analizador integral de movilidad de nanopartículas suspendidas en un gas según la reivindicación 1, que comprende una pluralidad de rejillas laminarizadoras (R1, R2) dispuestas en la cavidad para laminar el flujo procedente del conducto de entrada de aerosol (T3).

25 3. Sensor analizador integral de movilidad de nanopartículas suspendidas en un gas según la reivindicación 1 o 2, donde las partículas de tamaño menor que un umbral son depositadas electrostáticamente en el electrodo exterior (E1).

30 4. Sensor analizador integral de movilidad de nanopartículas suspendidas en un gas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el condensador (22) es de geometría cilíndrica y concéntrica.

5. Sensor analizador integral de movilidad de nanopartículas suspendidas en un gas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un primer apantallamiento (P1) para el aislamiento eléctrico con el exterior del sensor.

5 **6.** Sensor analizador integral de movilidad de nanopartículas suspendidas en un gas según la reivindicación 4, con dimensiones 400 x 70 x 70 mm y peso de 4,5 kg.

7. Sistema para analizar nanopartículas que comprende:

10 - un sensor analizador integral de movilidad (20) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6;

- un cargador eléctrico (50) acoplado con el sensor (20), dicho cargador (50) está basado en una descarga de corona, para impartir una distribución conocida de cargas eléctricas sobre las partículas del aerosol antes de ser alimentadas al cuerpo principal del sensor;

15 - una fuente de alto voltaje de corriente continua empleada para aplicar la diferencia de potencial deseada, según el valor preestablecido del diámetro de corte, entre los electrodos (E2, E1) del condensador eléctrico (22) del sensor (20);

20 - un electrómetro (30) con capacidad para medir corrientes eléctricas entre 1 y 5×10^4 fA, conectado con el electrodo exterior (E2) del condensador (22), que se emplea para medir la concentración de partículas de tamaño inferior al de corte que se depositan sobre dicho electrodo exterior, donde el electrómetro (30) comprende su propio apantallamiento (P3) que evita las interferencias en la medida;

- una unidad de procesamiento (40) configurada para el procesamiento y control de todo el sistema.

25

8. Sistema para analizar nanopartículas según la reivindicación 7, caracterizado por que comprende un apantallamiento auxiliar (P2) que alberga el sensor analizador integral de movilidad (20), el electrómetro (30) y la unidad de procesamiento (40).

30 **9.** Sistema para analizar nanopartículas según la reivindicación 8, caracterizado por que el apantallamiento auxiliar (P2) es una caja metálica para alojar los componentes de forma compacta.

10. Sistema para analizar nanopartículas según la reivindicación 9, caracterizado por que comprende medios de amortiguación contra vibraciones.

11. Sistema para analizar nanopartículas según la reivindicación 10 caracterizado por que tiene unas dimensiones 100 x 300 x 400 mm y un peso inferior a 10 kg.

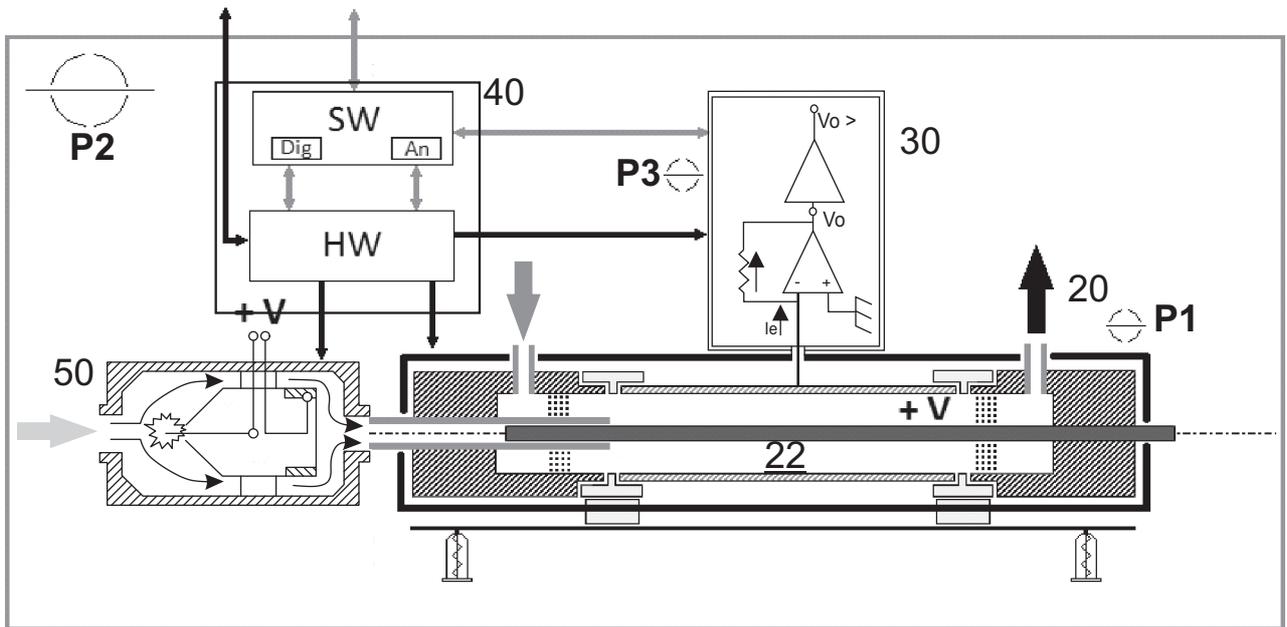


Fig. 1

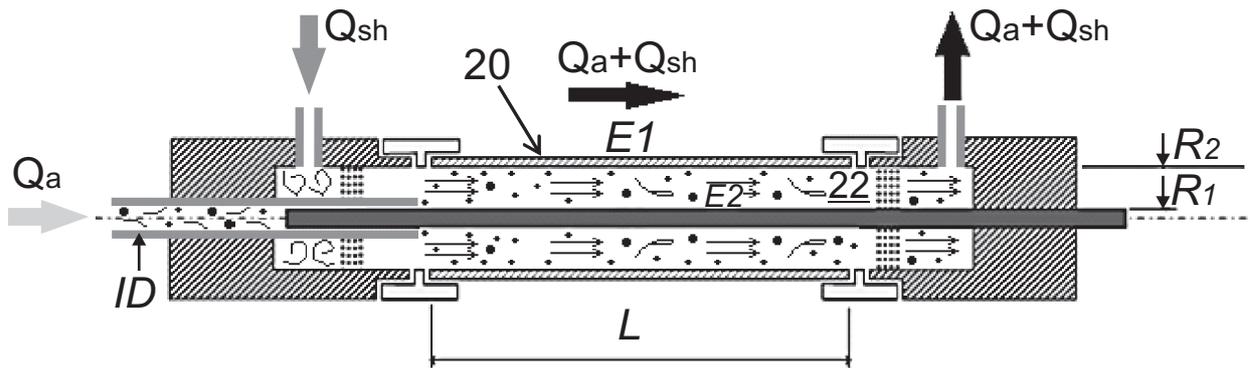


Fig. 2

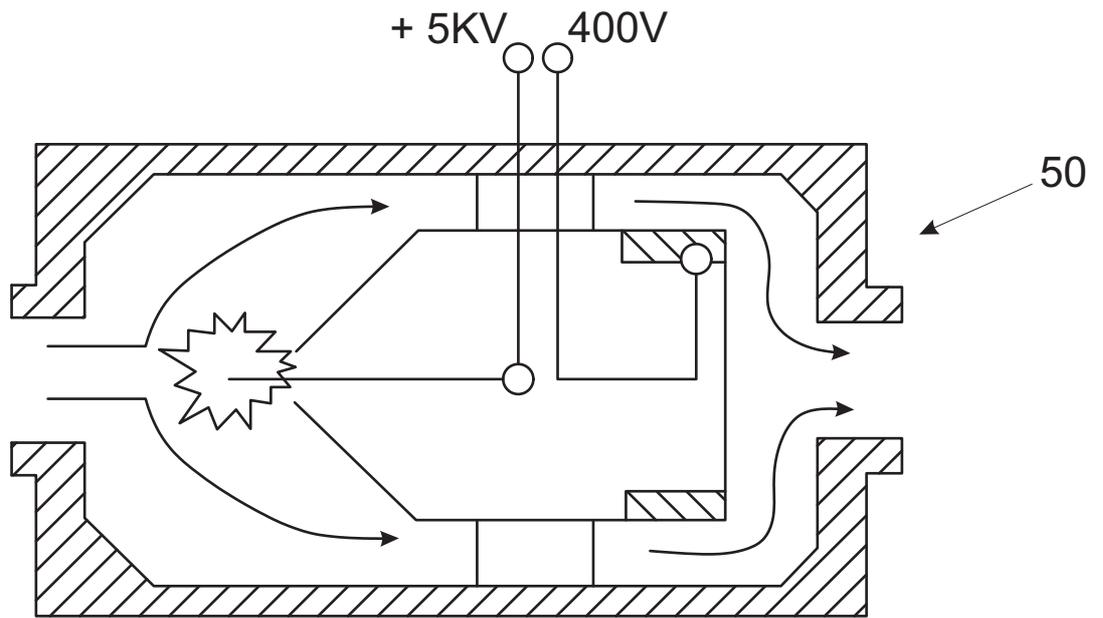


Fig. 3

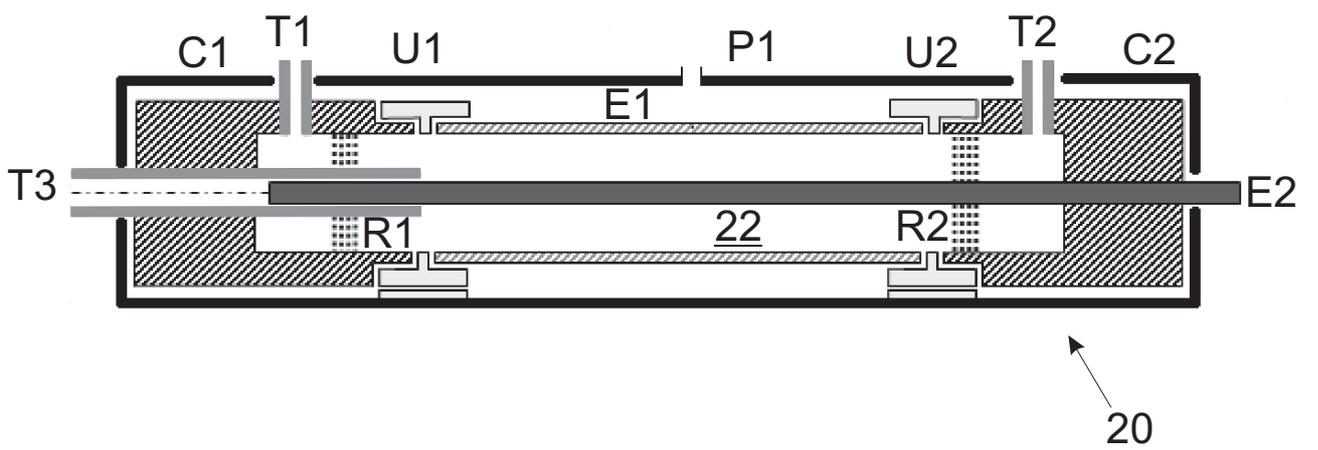


Fig. 4

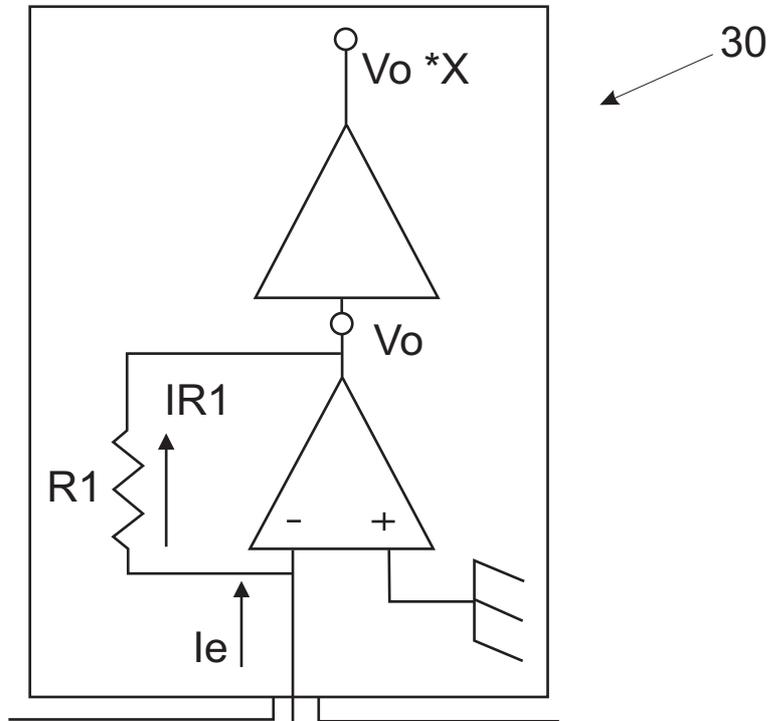


Fig. 5



②① N.º solicitud: 201631487

②② Fecha de presentación de la solicitud: 18.11.2016

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G01N15/02** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2009295400 A1 (WILHELM) 03/12/2009, resumen; párrafos [1 - 54]; figuras 1 - 4.	1-11
Y	US 3413545 A (WHITBY, K. T.) 26/11/1968, Columna 1, línea 10 - columna 9, línea 24; figuras 1 - 7.	1-11

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
22.06.2017

Examinador
A. Figuera González

Página
1/6

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01N

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, TXTE

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 22.06.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-11	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-11	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2009295400 A1 (WILHELM)	03.12.2009
D02	US 3413545 A (WHITBY, K. T.)	26.11.1968

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**REIVINDICACIÓN 1**

Se considera que el documento D01 es el documento del estado de la técnica más próximo al objeto de la reivindicación 1.

En el documento D01 se describe un sensor de partículas electrostático.

A continuación se reproduce en cursiva la reivindicación 1 indicándose entre paréntesis y subrayadas las expresiones utilizadas para designar los elementos correspondientes en D01.

Sensor analizador integral de movilidad de nanopartículas (20) suspendidas en un gas (En D01 se describe un sensor electrostático para partículas finas, denominadas en inglés "fine particulate matter" que es una expresión de uso común en el estado de la técnica para referirse a partículas con diámetros inferiores a 2,5µm. Véase D01, párrafos 2 y 4.) que comprende:

- *un condensador eléctrico (22) que comprende un electrodo exterior (E1) y un electrodo interior (E2) (En D01 el sensor de partículas electrostático está diseñado en forma de condensador cilíndrico con un electrodo exterior M y un electrodo interior I. Véase D01, párrafo 30 y figura 1);*
- *un cabezal de entrada (C1); y*
- *un cabezal de salida (C2);*

caracterizado por que los cabezales (C1,C2) y el electrodo exterior (E1) están dispuestos formando internamente una cavidad; con el cabezal de entrada (C1) comprendiendo un conducto de entrada de aire limpio (T1) para introducir en la cavidad un flujo de aire seco exento de partículas (Qsh), un conducto de entrada de aerosol (T3) para introducir en la cavidad un flujo de aerosol (Qa), siendo dicho conducto de entrada de aerosol (T3) eléctricamente conductor; con el cabezal de salida (C2) comprendiendo un conducto de salida (T2) para extraer un flujo resultante (Qa+Qsh) de partículas suspendidas con tamaño mayor que un umbral definido en función del voltaje aplicado al condensador (22). (En D01 se indica que debido al campo eléctrico entre los dos electrodos las partículas se aceleran hacia el electrodo exterior o hacia el electrodo interior dependiendo de sus respectivas polaridades. Se detectan todas las partículas con una movilidad k superior a una movilidad límite k_{lim} . Como la movilidad de las partículas, asumiendo una densidad y una forma geométrica media de las partículas, está inversamente relacionada con su tamaño, las partículas con un tamaño mayor que el tamaño límite al que se corresponde k_{lim} saldrán del sensor sin haberse depositado en los electrodos. Véase párrafos 19, 20, 30, 31, 41 a 44, 50 a 54 y figura 1.)

Las principales diferencias entre el sensor de partículas electrostático de D01 y el sensor analizador integral objeto de la reivindicación 1 son:

- en D01 las partículas detectadas están en el rango de las micropartículas

Sin embargo, aunque se podrían formular problemas técnicos relacionados con aumentar la capacidad del rango de detección del aparato de D01 para que pueda detectar nanopartículas, estos problemas no se abordan en la solicitud objeto de la presente opinión escrita ni se reivindica ninguna característica técnica concreta que permita resolver estos problemas técnicos.

Por lo tanto esta característica técnica del preámbulo de la reivindicación se considera la expresión de un simple deseo o resultado que se pretende conseguir.

- en D01 no se menciona el hecho de que el conducto de entrada de aerosol sea conductor

Esta característica parece estar relacionada, de acuerdo con lo que se indica en la descripción página 4, líneas 12 a 15 y página 7, línea 14 con el hecho de que el empleo de un material no reactivo, como pueden ser determinados metales, se considera deseable. Si este fuera el motivo del empleo de un metal, resultaría ser una selección obvia de un material por sus propiedades conocidas. En caso de que el empleo del material conductor para el tubo T3 no se deba a estas indicaciones de la descripción, no habría base en la misma para establecer un problema técnico que se pretenda resolver con esta característica técnica por lo que se la consideraría también una simple selección de un material adecuado obvia para el experto en la materia.

- En D01 no se proporciona información constructiva detallada sobre la forma en que se introduce el aerosol con las partículas en la zona de medida ni sobre la forma en que sale de la misma.

El experto en la materia, enfrentado al problema de diseñar los cabezales de entrada y de salida para el sensor de D01 que se requieren de forma obvia, hubiera recurrido a las enseñanzas del documento D02, que es un documento que también describe un analizador de movilidad de partículas integral y que proporciona detalles constructivos de estos elementos.

En efecto, en D02 el alojamiento 21 desempeña el papel de electrodo exterior y el electrodo 22 desempeña el papel de electrodo interior. A su vez el miembro guía 25 realiza las funciones de un cabezal de entrada. Además en D02 el alojamiento alargado 21 está cerrado por su parte inferior realizando dicha parte la función de cabezal de salida definiendo así el miembro guía 25 y el alojamiento 21 una cámara 19 interior. Por otra parte, en D02 el aire limpio se introduce en la cámara 19 a través de un miembro tubular 26 y el aerosol con las partículas cargadas se introduce en el analizador de movilidad de partículas 12 a través del tubo 18 atravesando tanto el tubo 18 como el miembro tubular 26 el miembro guía 25. Véase D02, columna 3, líneas 27 a columna 4, línea 4 y figura 1.

Por lo tanto, el experto en la materia, hubiera añadido al sensor de partículas electrostático de D01 un miembro guía 25 y una salida de gases mediante un tubo tal y como se describe en D02 sin necesidad de modificaciones adicionales y sin que se produzca ningún efecto inesperado, llegando así de forma obvia a la solución reivindicada.

En conclusión, la reivindicación 1 carece de actividad inventiva frente a la combinación de los documentos D01 y D02, según se establece en el art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

REIVINDICACIÓN 7

Se considera que D01 es el documento del estado de la técnica más próximo al objeto de la reivindicación 7.

Las diferencias entre D01 y el objeto de la reivindicación 1 en relación con el sensor analizador integral de movilidad ya han sido analizadas en el apartado anterior a propósito de la reivindicación 1.

El resto de los elementos del sistema de la reivindicación 7 se analizan a continuación por comparación con el estado de la técnica:

- Cargador eléctrico:

En D01 se menciona la existencia de una fuente de ionización 14 (véase D01, párrafo 38). No se menciona explícitamente que esté basada en una descarga de tipo corona pero se trata de una forma de ionización del conocimiento general común y que además se menciona explícitamente en el documento D02 (véase D02, columna 4, líneas 51 a 75).

- Fuente de alto voltaje:

En D01 se emplea una fuente de voltaje U (véase D01, párrafo 30 y figura 1) entre el electrodo exterior M y el electrodo interior I.

- Electrómetro:

En D01 se emplea un electrómetro 3 para medir el número de partículas que se han depositado en el electrodo. Véase D01, párrafos 19, 20 y figura 1. No se especifica el rango de medida del electrómetro. Sin embargo, se considera que el rango indicado en la reivindicación 7 o bien se corresponde al rango de un electrómetro del conocimiento general común que permite realizar dichas medidas en un rango de corrientes tan bajo o bien se trata de la mera expresión de un resultado que se pretende conseguir puesto que no se proporciona ninguna característica técnica concreta del electrómetro que permita llegar a medir en dicho rango.

En cuanto al apantallamiento se trata de una medida del conocimiento general común contra las interferencias y, al no proporcionarse ninguna característica técnica concreta del mismo, se considera una mera opción constructiva obvia para el experto en la materia.

- Unidad de procesamiento: el empleo de una unidad de procesamiento se considera parte del conocimiento general común.

En conclusión, la reivindicación 7 carece de actividad inventiva frente a la combinación de los documentos D01 y D02, según se establece en el art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

REIVINDICACIONES 2 a 6 y 8 a 11

A continuación se presentan las características técnicas de las reivindicaciones dependientes 2 a 6 y 8 a 11 por comparación con el estado de la técnica:

- Reiv 2: Ante la interferencia en las medidas que suponen las turbulencias del flujo en un sensor de partículas electroestático al alterar el desplazamiento de las partículas, el empleo de rejillas laminarizadoras del flujo es una solución del conocimiento general común obvia para el experto en la materia y que se describe además en el propio documento D02 donde se emplean unas rejillas 36 y 37 para garantizar que el flujo sea laminar (véase D02, columna 3, líneas 37 a 60 y figura 1).
- Reiv. 3: En D01 se indica que debido al campo eléctrico entre los dos electrodos las partículas se aceleran hacia el electrodo exterior o hacia el electrodo interior dependiendo de sus respectivas polaridades. Para un potencial U determinado, se detectan todas las partículas con una movilidad k superior a una movilidad límite k_{lim} . Como la movilidad de las partículas, asumiendo una densidad y una forma geométrica media de las partículas, está inversamente relacionada con su tamaño, en D01 se detectan las partículas con un tamaño menor que el tamaño límite al que se corresponde k_{lim} . Véase párrafos 19, 20, 30, 31, 41 a 44, 50 a 54 y figura 1.
- Reiv. 4: El sensor de partículas de D01 tienen un diseño en forma de concentrador cilíndrico coaxial. Véase D01, párrafos 13, 30 a 33 y figura 1.
- Reiv. 5 y 8 a 10:

Las características técnicas de las reivindicaciones 5 y 8 a 10 resuelven, aparentemente, problemas técnicos genéricos como son los problemas de interferencias electromagnéticas o de vibraciones, mediante soluciones constructivas genéricas del conocimiento general común como son el empleo de apantallamientos o de amortiguación sin características técnicas concretas o medios de apantallamiento sobradamente conocidos como el empleo de una caja metálica.

- Reiv: 6 y 11:

Las medidas y pesos proporcionados para el sensor en la reivindicación 6 y para el sistema en la reivindicación 11, parecen responder a meras opciones constructivas que aparentemente no resuelven ningún problema técnico concreto y/o son la expresión de un resultado que se pretende conseguir.

Así pues las características técnicas adicionales de las reivindicaciones 2 a 6 y 8 a 11 o bien ya han sido divulgadas en el documento D01 o bien hubieran resultado obvias para el experto en la materia de acuerdo con los motivos expuestos.

Por lo tanto, las reivindicaciones 2 a 6 y 8 a 11, que dependen de reivindicaciones anteriores que no tienen actividad inventiva, tampoco tienen actividad inventiva.

CONCLUSIÓN

Se considera que las reivindicaciones 1 a 11 no satisfacen los requisitos de patentabilidad establecidos en el art. 4.1 de la Ley de Patentes 11/1986.