

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 445 805**

51 Int. Cl.:

G01N 5/02 (2006.01)

G01N 5/04 (2006.01)

G01N 29/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2011 E 11707391 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2013 EP 2545355**

54 Título: **Dispositivo de cuantificación de la desgasificación de un equipo situado en una cámara de vacío**

30 Prioridad:

12.03.2010 FR 1001001

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

05.03.2014

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45 Rue de Villiers
92200 Neuilly sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

BETTACCHIOLI, ALAIN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 445 805 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de cuantificación de la desgasificación de un equipo situado en una cámara de vacío

La presente invención se refiere a un dispositivo de cuantificación de la desgasificación de un equipo situado en una cámara de vacío. Se aplica, en particular, al campo de los ensayos de un equipo en un entorno al vacío y de manera más particular a los ensayos de desgasificación en vacío de los equipos espaciales para satélite.

En los ensayos de desgasificación al vacío de un equipo, es conveniente poder verificar el final de la desgasificación pasiva o activa del equipo con el fin de decidir si es oportuno acortar o proseguir la duración del ensayo o verificar que el porcentaje de desorción del equipo ha alcanzado un nivel aceptable. La verificación del final de la desgasificación consiste por lo general en garantizar que la masa de partículas desgasificadas por el equipo y captadas en una superficie dada por el sensor específico para la medición, no evoluciona a lo largo del tiempo a pesar de la persistencia del vacío. El único aparato conocido para este tipo de mediciones es la microbalanza de cuarzo que mide la masa de un depósito sobre el cuarzo a partir del cambio de frecuencia de resonancia del cuarzo que resulta. La medición realizada es muy precisa, sin embargo las informaciones que permite obtener la microbalanza de cuarzo solo son satisfactorias a condición de que la masa del depósito recogido sea muy reducida, normalmente inferior a una centena de microgramos por cm^2 , de tal modo que cuando una sustancia bien identificada se deposita como una capa uniformemente ordenada, se puede deducir el espesor del depósito. La determinación del espesor de depósito solo presenta interés en el marco de la industria del semi-conductor que debe tener en cuenta los espesores de los depósitos en los procedimientos de metalización, de oxidación o de epitaxia, por ejemplo. En este caso, el espesor del depósito nunca supera unos cientos de angstroms. Por el contrario, en los ensayos de desgasificación térmica al vacío, esta evaluación del espesor resulta menos interesante y se interesa más bien por la cuantificación de la masa de contaminante depositada por unidad de superficie en diferentes puntos del sistema que se está probando. Para los equipos con una alta desgasificación térmica al vacío, como por ejemplo los paneles solares, este aparato se satura demasiado rápidamente a causa de su gran sensibilidad. Es, por tanto, necesario regenerarlo muy a menudo mediante la evaporación del depósito recogido. Las restricciones operativas generadas por estas regeneraciones frecuentes vuelven a la microbalanza inadecuada para la mayoría de las pruebas térmicas al vacío y, de manera particular, aquellas específicas para la desgasificación de equipos que liberan adhesivos y disolventes ya que pueden generar depósitos cuya magnitud se evalúa en decenas de miligramos por cm^2 .

Los documentos FR 2 602 589 y US 5 684 276 describen unos dispositivos de medición de masa que no están adaptados para las mediciones de desgasificación de equipos al vacío.

El objeto de la invención es resolver los inconvenientes de la microbalanza de cuarzo y realizar un dispositivo de cuantificación de la desgasificación de un equipo al vacío que mide una densidad superficial de masa depositada con una precisión del orden de unos microgramos por centímetro cuadrado y que se pueda aplicar a los depósitos densos y con un espesor heterogéneo.

Para ello, según la invención, el dispositivo de cuantificación de la desgasificación de un equipo situado en una cámara de vacío comprende una lámina metálica de un material ferromagnético que comprende un extremo fijo y un extremo libre, estando provista la lámina de un dispositivo de enfriamiento y de un dispositivo de medición de su temperatura intrínseca, un electroimán de excitación de la lámina, un sensor de medición de la excitación del extremo libre de la lámina conectado a un dispositivo de adquisición de las mediciones y de cálculo de al menos una frecuencia de oscilación del extremo libre de la lámina, estando conectado el dispositivo de adquisición y de cálculo a un dispositivo de cálculo de una densidad superficial de una masa depositada sobre la lámina.

De manera ventajosa, el electroimán comprende una bobina alimentada de forma periódica.

De manera ventajosa, el sensor de medición de la excitación del extremo libre de la lámina puede estar compuesto por un imán situado frente al extremo libre de la lámina y por una bobina, estando situado el imán en el centro de la bobina.

Como alternativa, el sensor de medición de la excitación del extremo libre de la lámina puede estar compuesto por uno o por dos imanes situados directamente en el extremo fijo de la lámina y por una bobina situada frente al extremo libre de la lámina.

De manera ventajosa, el dispositivo de adquisición de la frecuencia de oscilación del extremo libre de la lámina comprende un convertidor analógico/digital y un filtro de Chebyshev de cuarto orden.

De manera ventajosa, el dispositivo de cuantificación comprende, además, un dispositivo de determinación de la frecuencia de oscilación de la lámina sola en la cámara de vacío para un valor de temperatura de la lámina idéntico al que corresponde a la lámina en la que se está midiendo la frecuencia de oscilación.

De manera ventajosa, el dispositivo de determinación de la frecuencia de oscilación de la lámina sola comprende una curva de calibración de la frecuencia de oscilación de la lámina sola en función de la temperatura de la lámina.

La temperatura de la lámina se puede controlar por medio de uno o dos módulos de efecto Peltier.

De manera ventajosa, la frecuencia de oscilación de la lámina sola se puede corregir en función de la presión residual en la campana cuando excede 10^{-3} hectopascales.

5 Se mostrarán otras particularidades y ventajas de la invención de forma más clara en la siguiente descripción que se da a título de ejemplo puramente ilustrativo y no limitativo, en referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos que representan:

- figura 1: una vista esquemática lateral de un ejemplo de dispositivo de cuantificación de la desgasificación de un equipo al vacío, según la invención;
- 10 - figura 2: un ejemplo de cronograma que ilustra la adquisición de las mediciones del dispositivo, según la invención;
- figura 3: una vista esquemática desde arriba del dispositivo de cuantificación de la desgasificación de la figura 1, según la invención;
- figura 4: una vista esquemática lateral de una variante de realización del dispositivo de cuantificación de la desgasificación de un equipo al vacío, según la invención;
- 15 - figura 5: una vista esquemática desde arriba del dispositivo de cuantificación de la desgasificación de la figura 4, según la invención.

20 Durante la desgasificación de los equipos situados en una cámara de vacío, los principales contaminantes que se desgasifican están compuestos por partículas, esencialmente agua y disolventes, que se condensan sobre las superficies frías. El porcentaje de partículas desorbidas por los equipos se reduce cuando aumenta la duración de la prueba al vacío. Para cuantificar la desgasificación de un equipo al vacío, la invención consiste, por lo tanto, en medir la cantidad de contaminantes depositados sobre una superficie fría compuesta por una lámina enfriada. Teniendo en cuenta la temperatura de solidificación de las partículas contaminantes, por ejemplo como el agua cuya temperatura de solidificación está próxima a los 0 °C entre la presión atmosférica y 6 hectopascales, de -74 °C cerca de 10^{-3} hectopascales y del orden de -110 °C cerca de 10^6 hectopascales, la temperatura de la lámina debe poder ser inferior al valor de temperatura más bajo de -110 °C.

El dispositivo de cuantificación de la desgasificación de un equipo al vacío representado en las figuras 1 y 3 a 5 está destinado a colocarse en el interior de una cámara de vacío en presencia del equipo que hay que probar. El dispositivo comprende una lámina metálica 10 inoxidable flexible y que tiene unas propiedades ferromagnéticas, es decir, una permeabilidad magnética superior a 0,1, por ejemplo, una lentejuela de acero que contiene entre un 0,1 % y un 2 % de carbono. Por ejemplo, la lámina 10 puede tener un espesor del orden de una décima parte de milímetro, una anchura estándar de 12,7 mm y una longitud del orden de unos quince centímetros. La lámina 10 comprende un extremo 11 fijado a un soporte fijo, no representado, y un extremo 12 libre. La lámina 10 está provista de un dispositivo de enfriamiento 13 y de un dispositivo de medición de la temperatura intrínseca, por ejemplo un termopar. El dispositivo de enfriamiento 13 de la lámina 10 puede, por ejemplo, comprender un trenzado térmico que conecta el soporte fijo a una fuente fría interna a la campana de vacío, o uno o dos módulos de efecto Peltier pegados contra la lámina, alimentados eléctricamente y conectados térmicamente, por ejemplo mediante unos trenzados térmicos 30, a una fuente fría que permite evacuar el calor que estos liberan. Un electroimán 15, que se puede situar al lado de la lámina 10, permite excitar la lámina 10. El electroimán 15 comprende una bobina alimentada de forma periódica, el período T puede ser por ejemplo igual a un minuto, mediante un pulso de corriente eléctrica con una duración T1 de algunas décimas de segundo. Bajo el efecto del pulso eléctrico, el extremo libre 12 de la lámina se pone entonces a oscilar libremente con una frecuencia de oscilación que depende de su masa.

Para una lámina 10 con una constante de rigidez fija, cuanto más aumenta la masa de la lámina, más disminuye su frecuencia de oscilación. Al medir la frecuencia de oscilación de la lámina limpia y la frecuencia de oscilación de la lámina a lo largo de la prueba de desgasificación del equipo al vacío, se puede por lo tanto deducir la masa de la contaminación depositada por unidad de superficie sobre la lámina 10. Como la frecuencia de oscilación de la lámina 10 también depende de su temperatura a causa de la variación de su módulo de Young en función de la temperatura, es necesario realizar una calibración preliminar que permite establecer una curva de variación de la frecuencia de la lámina limpia en función de su temperatura. La calibración se realiza al vacío para diferentes temperaturas de la lámina sola, en ausencia de cualquier equipo en la cámara de vacío, y se registra la curva de calibración que se obtiene.

La medición de la frecuencia de oscilación de la lámina 10 se realiza utilizando una bobina 16 que comprende un gran número de espiras, por ejemplo del orden de 10.000 espiras. Al ser ferromagnética la lámina 10 enfriada, su extremo libre se imanta bien por influencia con un imán permanente 17 situado en el centro de la bobina como se representa en las figuras 1 y 3 o bien mediante uno o dos imanes 13 pegados sobre la lámina 12 como se muestra en las figuras 4 y 5. La bobina 16 provista o no del imán permanente central 17 está situada delante del extremo libre 12 de la lámina 10. Al ser ferromagnética la lámina 10 enfriada, el imán permanente 17 influencia a la lámina cuyo extremo libre se imanta. Cuando la lámina imantada oscila, esta genera por efecto de Lenz, una fuerza electromotriz en los bornes de la bobina 16. La fuerza electromotriz en los bornes de la bobina 16 tiene un valor de tensión que varía en función del desplazamiento del extremo imantado de la lámina y, por lo tanto, en función de la frecuencia de oscilación de la lámina 10. Tal como se representa en la figura 2, la tensión en los bornes de la bobina

16 se mide tras un tiempo de latencia T2 según la excitación de la lámina, por ejemplo T2 puede ser del orden de un segundo, lo que permite superar un periodo de transición durante el cual se establece el régimen de las oscilaciones y evitar los fenómenos parásitos que perturbarían la estimación de la frecuencia de las oscilaciones de la lámina. Esta precaución también es útil con bajas temperaturas a causa de la remanencia magnética que puede alterar el inicio de las oscilaciones libres de la lámina. Al terminar el tiempo de latencia T1, se alcanza el régimen de las oscilaciones libres de la lámina y se inician las adquisiciones de la tensión emitida por la bobina 16 con una frecuencia de muestreo seleccionada y una duración predeterminada T3, por ejemplo del orden de 10.000 Hz durante 15 segundos, lo que corresponde a 15.000 puntos de medición. La tensión en los bornes de la bobina 16 se transmite a un dispositivo de acondicionamiento de la señal 31 en el cual esta se filtra mediante un condensador 18 que permite eliminar las señales parásitas, a continuación se aplica en la entrada de un amplificador de medición 19. La salida del amplificador de medición 19 está conectada a un dispositivo de adquisición de las mediciones 20 que comprende un convertidor analógico/digital que permite digitalizar la señal amplificada y un filtro de paso bajo que permite seleccionar un modo particular de oscilación y eliminar los otros modos. Por ejemplo, el modo seleccionado puede ser el primer modo, es decir el modo fundamental. Como la fase de la señal no se utiliza, el filtro seleccionado puede ser, por ejemplo, un filtro de Chebyshev de cuarto orden que comprende unas frecuencias de corte localizadas al 60 % de la frecuencia central del filtro a ambos lados de esta frecuencia central. Tras el filtrado, la señal digitalizada se transmite a un dispositivo 21 de cálculo de la frecuencia de oscilación de la lámina contaminada.

La adquisición de la temperatura de la lámina 10 se puede realizar, por ejemplo, al finalizar el tiempo T3 correspondiente a la adquisición de las mediciones de tensión. Para ello, el termopar situado sobre la lámina está conectado a un dispositivo de adquisición de la temperatura 22 de la lámina. El termopar debe estar eléctricamente aislado de la lámina y para ello está situado, bien entre dos pastillas de kapton adhesivo cuyo diámetro no supera los 5 mm, o bien mantenido sobre la lámina mediante un punto de adhesivo de silicona. La salida del dispositivo de adquisición de la temperatura 22 está conectada a un dispositivo 23 de determinación de la frecuencia de la lámina limpia correspondiente a esta temperatura. La determinación de la frecuencia de la lámina limpia se obtiene a partir de la curva de calibración realizada en la etapa preliminar de calibración.

Las frecuencias de oscilación de la lámina contaminada y de la lámina limpia que corresponden a una misma temperatura de la lámina se transmiten a un dispositivo 24 de cálculo de la densidad superficial de la masa depositada sobre la lámina 10.

La densidad superficial σ de la masa depositada sobre la lámina se obtiene mediante la siguiente relación:

$$\sigma = \alpha \left[\frac{[f^m(T)]^2}{[f_0(T)]^2} - 1 \right]$$

en la que σ es la masa depositada por unidad de superficie, f_0 es la frecuencia de oscilación de la lámina limpia a la temperatura T, f_m es la frecuencia de oscilación de la lámina contaminada a la temperatura T, y α es un coeficiente de calibración.

Esta relación solo es válida en una cámara en la que el vacío está a una presión inferior a 10^{-3} hectopascales. En el caso de que la presión sea superior a este valor, la frecuencia de oscilación de la lámina y la densidad superficial de masa depositada deben corregirse teniendo en cuenta la presión y la naturaleza del gas residual. Esta corrección permite que el aparato también funcione a presiones intermedias situadas entre 10^{-3} hectopascales y la presión atmosférica.

Aunque se haya descrito la invención en relación con unos modos particulares de realización, resulta evidente que no está limitada en modo alguno a estos y que comprende todos los equivalentes técnicos de los medios descritos así como sus combinaciones si estas entran en el ámbito de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de cuantificación de la desgasificación de un equipo situado en una cámara de vacío, **caracterizado porque** comprende una lámina metálica (10) en un material ferromagnético que comprende un extremo fijo (11) y un extremo libre (12), estando provista la lámina de un dispositivo de enfriamiento (13) y de un dispositivo de medición de su temperatura intrínseca (14, 22), un electroimán (15) de excitación de la lámina (10), un sensor de medición (16, 17) de la excitación del extremo libre (12) de la lámina conectado a un dispositivo de acondicionamiento de la señal (31) que comprende un dispositivo de adquisición (20) de las mediciones y de cálculo (21) de al menos una frecuencia de oscilación del extremo libre de la lámina, estando conectado el dispositivo de adquisición y de cálculo (20, 21) a un dispositivo (24) de cálculo de una densidad superficial de una masa depositada sobre la lámina.
- 10 2. Dispositivo de cuantificación según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el electro-imán (15) comprende una bobina alimentada de forma periódica.
3. Dispositivo de cuantificación según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el sensor de medición de la excitación del extremo libre de la lámina consiste en un imán (17) situado frente al extremo libre (12) de la lámina (10) y en una bobina (16), estando situado el imán (17) en el centro de la bobina (16).
- 15 4. Dispositivo de cuantificación según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el sensor de medición de la excitación del extremo libre de la lámina consiste en uno o dos imanes (17) situados directamente sobre el extremo fijo de la lámina (10) y en una bobina (16) situada frente al extremo libre (12) de la lámina (10).
- 20 5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado porque** el dispositivo de adquisición (20) de la frecuencia de oscilación del extremo libre de la lámina comprende un convertidor analógico/digital y un filtro de Chebyshev de cuarto orden.
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizado porque** comprende, además, un dispositivo (23) de determinación de la frecuencia de oscilación de la lámina sola en de la cámara de vacío para un valor de temperatura idéntico al que corresponde a la lámina (10) en la que se está midiendo la frecuencia de oscilación .
- 25 7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 6, **caracterizado porque** el dispositivo (23) de determinación de la frecuencia de oscilación de la lámina sola comprende una curva de calibración de la frecuencia de oscilación de la lámina sola en función de la temperatura de la lámina.
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 7, **caracterizado porque** la frecuencia de oscilación de la lámina sola se corrige en función de la presión residual en la campana cuando excede los 10^{-3} hectopascales.

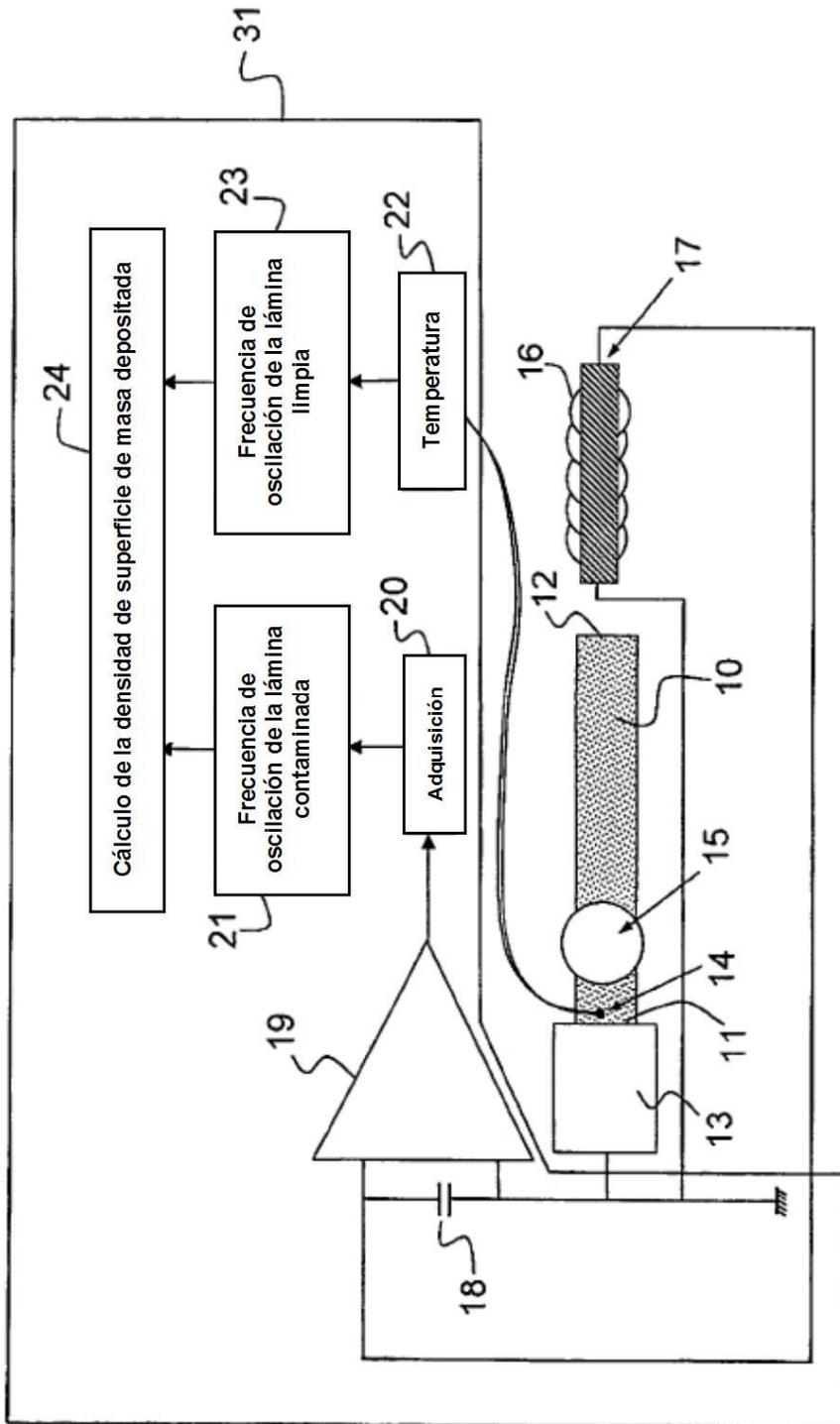


FIG.1

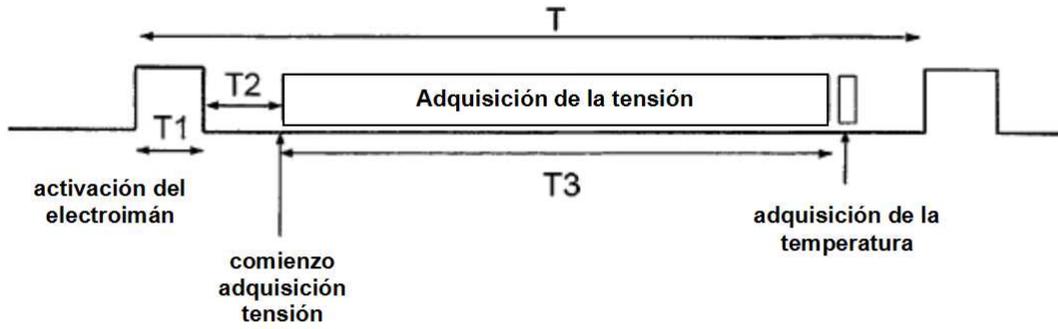


FIG.2

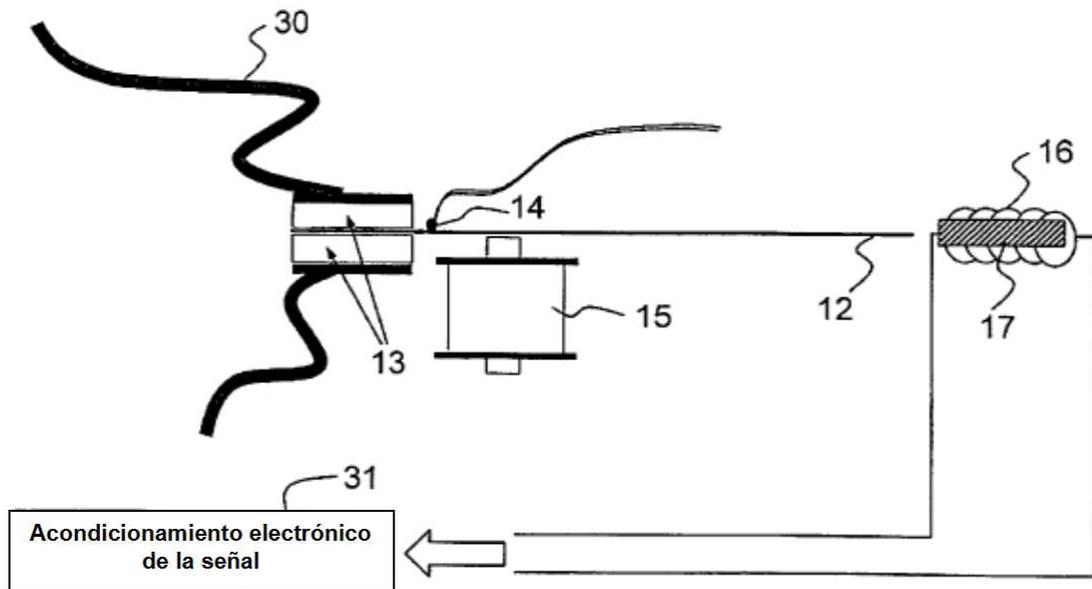


FIG.3

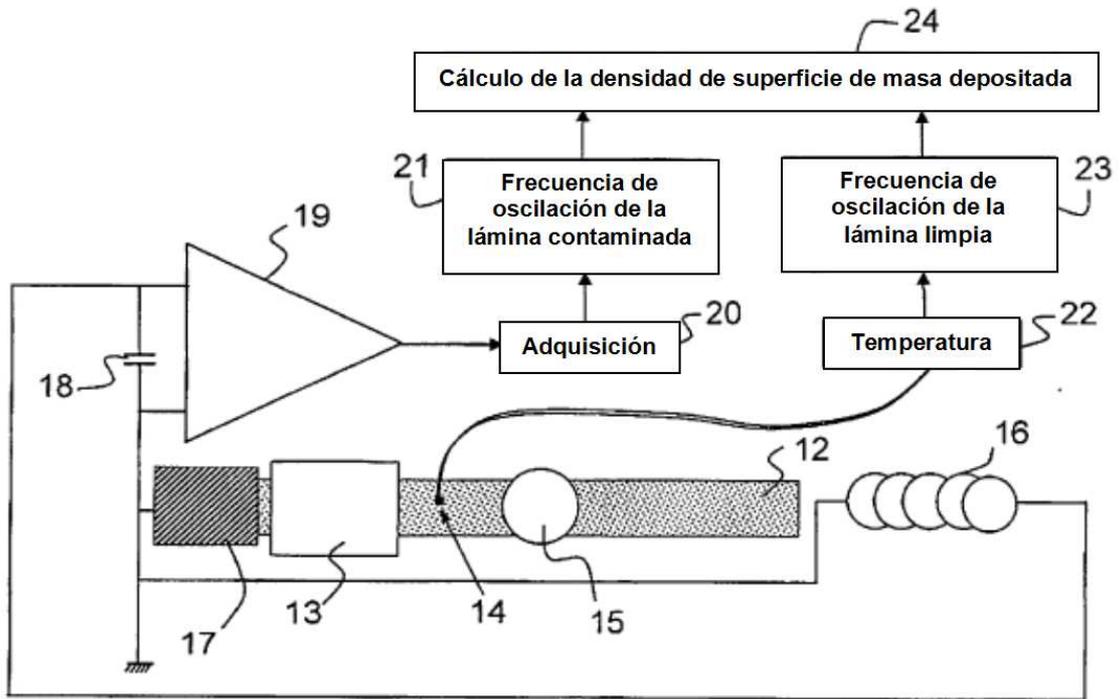


FIG.4

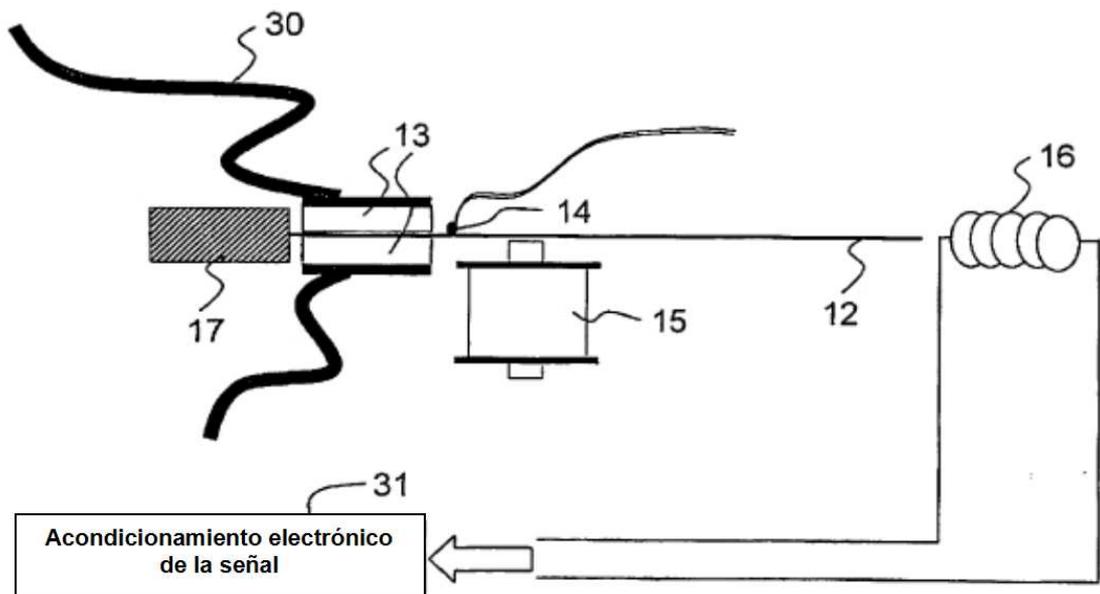


FIG.5