

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 498 830**

51 Int. Cl.:

G01N 27/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.07.2010 E 10757629 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.06.2014 EP 2591344**

54 Título: **Estructura de electrodos de capacitancia para medir la humedad**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.09.2014

73 Titular/es:

BRY-AIR PROKON SAGL (100.0%)
Viale A. Volta 16
6830 Chiasso, CH

72 Inventor/es:

SAMMARTINI, MARCO

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 498 830 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

Estructura de electrodos de capacitancia para medir la humedad.

5 La presente invención se refiere a la medición industrial de la humedad y, particularmente, a un dispositivo para medir la humedad de productos procesados en tratamientos industriales.

10 Los aparatos para medir la humedad son instrumentos adaptados para medir la humedad presente en muchas muestras de sustancia y presentan varias aplicaciones, utilizándose de hecho en las industrias alimentaria, química y farmacéutica.

Existen diferentes tipos de aparatos para medir la humedad.

15 El documento WO8903527, por ejemplo, describe un instrumento electrónico portátil para medir la humedad que comprende una sonda capacitiva y un circuito correspondiente que detectan el coeficiente dieléctrico de un material analizado con sonda para obtener una señal correspondiente al contenido en humedad. La sonda comprende además una sonda de temperatura que detecta la temperatura del material analizado con sonda y el circuito parece estar adaptado para proporcionar la compensación de temperatura para la señal obtenida del contenido en humedad.

20 Por otro lado, el documento US4736156 describe un aparato para medir "en línea" la constante dieléctrica o el porcentaje de humedad de un material, tal como "tabaco", que se desplaza dentro de las paredes de un tubo o canal. Se utiliza una diferencia capacitiva como medida.

25 El aparato está compuesto por un dispositivo con cuatro electrodos, con dos de los electrodos fuera de las paredes de tubo o canal y dos de los electrodos unidos dentro de las paredes de tubo o canal. Los dos electrodos interiores están conectados mediante interruptores a los dos electrodos exteriores respectivamente, de tal manera que las primera y segunda capacitancias se revelan en los terminales de salida del dispositivo de electrodo en función de las posiciones de interruptor. Los terminales de salida del dispositivo de electrodo están conectados a un oscilador que produce una señal de salida que indica la frecuencia de oscilación que es proporcional a la capacitancia medida en los terminales del dispositivo de electrodo. La señal de salida del oscilador está conectada a un microprocesador utilizado para calcular un valor proporcional al cambio de la capacitancia del dispositivo de electrodo cuando los interruptores están cerrados. Este valor puede utilizarse para determinar la constante dieléctrica o el porcentaje de humedad del material dentro del canal.

35 El solicitante se percató en primer lugar de que en algunos dispositivos conocidos la medición de la humedad no se produce en línea durante el proceso de fabricación, sino en la toma de muestras y la medición posterior.

40 Un enfoque similar es muy complicado, requiere mucho tiempo y la medición puede no ser fiable debido a muchos elementos provocados por una toma de muestras incorrecta.

45 En estos casos, el solicitante observó además que la toma de muestras no es muy representativa de la producción en curso porque los sistemas de laboratorio pueden tomar muestras de sólo algunos gramos y en algunos procesos de fabricación no es posible tomar una muestra en el punto específico de interés, por ejemplo en silos o secadoras en entornos de nitrógeno.

50 El solicitante observó además que en los sistemas conocidos en los que la medición se produce en línea, los dispositivos de medición presentan una estructura compleja que hace difícil el flujo de material en su interior y por consiguiente la medición de la humedad de material.

El solicitante observó además que la estructura compleja de medidores de sistema en los que la medición se produce en línea impediría su fácil instalación e integración en el proceso de tratamiento y/o fabricación.

55 El solicitante descubrió que los problemas mencionados anteriormente pueden superarse con un dispositivo para medir la humedad de materiales que fluyen en forma de gránulos secos, líquidos o gaseosos, o en forma de polvos adaptado para detectar los cambios de capacitancia de un condensador que comprende una pluralidad de anillos en el que fluye el material cuyo porcentaje de agua debe medirse. El documento GB 717.217 da a conocer un aparato conocido para medir las propiedades dieléctricas de materiales granulares.

60 Por tanto, en un primer aspecto, la invención se refiere a un dispositivo para medir la humedad de materiales que fluyen en forma de gránulos secos, líquidos o gaseosos, o en forma de polvos en por lo menos un conducto dispuesto por lo menos parcialmente a lo largo de un eje (X-X) a través del cual fluye el material cuya humedad debe medirse, que comprende:

65 - por lo menos un condensador Cx en el que fluye el material cuya humedad debe medirse, caracterizado por que el condensador comprende:

- por lo menos tres anillos metálicos montados de manera coaxial a dicho eje X-X y adyacentes a una pared interior del conducto a través del cual fluye el material cuya humedad debe medirse;

5 - por lo menos un elemento dieléctrico que presenta:

una constante dieléctrica sustancialmente lineal al cambio de temperatura, y

10 una expansión térmica inferior a $\alpha = 27 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, además, el dispositivo para medir la humedad presenta por lo menos una unidad para compensar la expansión térmica de dicho por lo menos un elemento dieléctrico.

La presente invención, en el aspecto mencionado anteriormente, puede presentar por lo menos una de las características preferidas descritas a continuación en la presente memoria.

15 Preferiblemente, dicho por lo menos un elemento dieléctrico comprende por lo menos un anillo de material dieléctrico que presenta una dimensión sustancialmente correspondiente a la dimensión de dichos por lo menos tres anillos metálicos.

20 Convenientemente, una superficie radialmente interior de los anillos metálicos está dispuesta sustancialmente alineada con la pared interior del conducto a través del cual fluye el material cuya humedad debe medirse.

Preferiblemente, el dieléctrico presenta características higroscópicas bajas.

25 Convenientemente, según una forma de realización, el condensador Cx comprende cuatro anillos de material dieléctrico y tres anillos metálicos interpuestos entre los cuatro anillos de material dieléctrico.

Preferiblemente, la unidad de compensación comprende por lo menos unos medios elásticos y por lo menos un sensor, dispuestos entre por lo menos un anillo de material dieléctrico y una brida para soportar el condensador.

30 Para proporcionar una medición correcta en línea de la humedad, como la constante dieléctrica del agua cambia a medida que cambia la temperatura, el dispositivo para medir la humedad comprende además por lo menos una sonda de temperatura.

35 Preferentemente, la sonda de temperatura es un sensor RTD.

Ventajosamente, el condensador está insertado en un circuito puente.

40 Convenientemente, el circuito puente comprende por lo menos una primera y una segunda línea de energía eléctrica conectadas en paralelo, comprendiendo la primera línea por lo menos dos resistencias (R1; R2) y comprendiendo dicha segunda línea por lo menos una resistencia de referencia (RX) y por lo menos dicho condensador (Cx).

Preferiblemente, el circuito puente está conectado a un oscilador adaptado para aplicar una señal sinusoidal variable determinada al circuito puente para medir los cambios de capacitancia del condensador.

45 Convenientemente, el elemento dieléctrico está realizado sustancialmente en PTFE.

Alternativamente, el elemento dieléctrico está realizado sustancialmente en material cerámico.

50 Además, las paredes interiores del condensador Cx están selladas herméticamente.

Esto hace que el dispositivo también pueda funcionar en entornos de nitrógeno.

55 Las características y ventajas adicionales de la invención resultarán más evidentes a partir de la descripción detallada de algunas formas de realización preferidas, pero no limitativas, de un dispositivo para medir la humedad de materiales que fluyen en forma de gránulos secos, líquidos o gaseosos, o en forma de polvos según la presente invención.

60 Tal descripción se explicará a continuación en la presente memoria haciendo referencia a los dibujos adjuntos, proporcionados únicamente a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

- la figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de una primera forma de realización del dispositivo de medición según la presente invención;

65 - la figura 2 es una vista esquemática parcialmente en despiece ordenado del dispositivo de la figura 1;

- la figura 3 es una vista esquemática de una forma de realización del circuito puente del dispositivo de medición según la presente invención; y
- la figura 4 es una vista esquemática en sección parcial de la unidad de compensación del dispositivo de medición según la presente invención.

Haciendo referencia a las figuras 1 a 2, con el número de referencia 1 se identifica un dispositivo para medir en línea la humedad en procesos en los que se tratan materiales que fluyen en forma de gránulos secos, líquidos o gaseosos, o en forma de polvos según la presente invención.

El dispositivo 1 está adaptado para su posicionamiento en por lo menos un conducto, no representado en las figuras, dispuesto por lo menos parcialmente a lo largo de un eje (X-X), a través del cual fluye el material cuya humedad debe medirse.

El dispositivo 1 en la forma de realización mostrada en las figuras 1 y 2 está provisto de por lo menos un condensador Cx que comprende:

- por lo menos tres anillos metálicos 3 dotados cada uno de su propio terminal 4 para una conexión eléctrica; y
- por lo menos un elemento 5 dieléctrico.

En la forma de realización mostrada en las figuras, dicho por lo menos un elemento 5 dieléctrico se representa mediante un anillo de material dieléctrico 6 que presenta sustancialmente la misma forma y dimensión de los anillos metálicos 3 interpuestos entre los tres anillos metálicos.

Según un aspecto ventajoso de la presente invención, para que la capacitancia del condensador Cx sea constante tanto como sea posible independientemente de la humedad que fluye hacia el interior del conducto, el material dieléctrico, del que está compuesto el elemento 5 dieléctrico, está provisto de una constante dieléctrica sustancialmente lineal a medida que cambia la temperatura y presenta una expansión térmica baja a medida que cambia la temperatura.

Preferentemente, el material dieléctrico del que está compuesto el elemento 5 dieléctrico presenta un coeficiente de expansión térmica lineal inferior a $\alpha = 27 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

Preferentemente, el material dieléctrico del que está compuesto el elemento 5 dieléctrico presenta una constante dieléctrica superior o igual a 1.

Además, el material dieléctrico del que está compuesto el elemento 5 dieléctrico presenta unas características higroscópicas bajas y una porosidad baja.

Preferentemente, el material dieléctrico del que está compuesto el elemento 5 dieléctrico presenta una porosidad inferior a 70 nm, preferentemente inferior a 30 nm, por ejemplo igual a 20 nm, que tiende posiblemente a cero.

Además, las paredes interiores de dicho condensador Cx están selladas herméticamente.

El elemento 5 dieléctrico puede estar realizado sustancialmente en material cerámico o sustancialmente en PTFE.

El solicitante descubrió que los materiales mencionados anteriormente presentan un comportamiento polinómico simple o lineal y por tanto sólo es necesaria una pequeña corrección mediante software para mantener el valor calculado de capacitancia del condensador del dispositivo para medir la humedad.

El solicitante descubrió además que se recomienda utilizar el PTFE para temperaturas de procesamiento inferiores a 50°C, mientras que se prefiere utilizar materiales cerámicos para temperaturas de procesamiento superiores a 50°C.

Para permitir la medición de la humedad del material, preferiblemente en forma de gránulos, que fluye a través del conducto, los anillos metálicos 3 del dispositivo 1 son anillos montados de manera coaxial al eje X-X que presentan una sección sustancialmente circunferencial.

Alternativamente, los anillos metálicos 3 pueden presentar una sección diferente, por ejemplo cuadrada, elíptica y/o en forma de estrella, sin apartarse del alcance de protección de la presente invención.

Los anillos metálicos 3 del mismo dispositivo presentan preferentemente la misma forma y dimensión.

De manera similar, tal como se mencionó anteriormente, el elemento 5 dieléctrico está compuesto por anillos de material dieléctrico 6 dotados de las características mencionadas anteriormente, presentando los anillos también una sección sustancialmente circular y un diámetro sustancialmente correspondiente al diámetro de los anillos metálicos

3.

En detalle, en la forma de realización mostrada en las figuras, los anillos metálicos 3 están compuestos por una hoja metálica delgada cerrada para formar un anillo.

5 Preferentemente, la hoja metálica presenta una altura h comprendida entre 3 mm y 25 mm, incluidos los extremos.

Además, la hoja metálica puede presentar un grosor s comprendido entre 0,7 mm y 5 mm, incluidos los extremos.

10 Para cubrir los anillos metálicos 3, cada anillo dieléctrico presenta un asiento 7 interior anular adaptado para alojar por lo menos parcialmente un anillo metálico 3.

15 Los asientos 7 anulares de dos anillos de material dieléctrico 6 adyacentes en la dirección X-X alojan de manera sustancialmente completa un anillo metálico 3.

Ventajosamente, para adaptar el dispositivo de medición 1 a diferentes conductos, el dispositivo 1 según la presente invención presenta una estructura modular que permite que se añadan un anillo metálico 3 y anillos de material dieléctrico 6.

20 Para un objetivo de este tipo, cada anillo de material dieléctrico 6 presenta en la dirección axial X-X una superficie plana superior sustancialmente anular 8 y una segunda superficie plana inferior 9 sustancialmente correspondiente a la anterior en forma y dimensión y distanciada de la misma en la dirección axial X-X por una medida igual a la altura del anillo 6 de material dieléctrico 3.

25 Con el dispositivo de medición 1 ensamblado, cada superficie plana superior 8 de un anillo de material dieléctrico 6 está apoyada sobre la superficie plana inferior 9 del anillo de material dieléctrico 6 adyacente en la dirección axial X-X.

30 Ventajosamente, el dispositivo está montado en un conducto en el que fluye el material cuya humedad debe medirse, de manera que dichos por lo menos tres anillos metálicos 3 son adyacentes a una pared interior del conducto.

35 En detalle, la superficie radialmente interior 11 de los anillos metálicos 3 está dispuesta sustancialmente alineada en la dirección axial X-X con la pared interior del conducto, no representada en la figura.

Preferentemente, la superficie radialmente interior 11 de los anillos metálicos 3 está dispuesta sustancialmente alineada en la dirección axial X-X con la pared interior del conducto de manera que la pared interior 11 de los anillos metálicos 3 y la pared interior del conducto (no mostrada en la figura) están sustancialmente a nivel.

40 Preferentemente, la superficie radialmente interior 12 de los anillos de material dieléctrico 6 también está dispuesta sustancialmente alineada en la dirección axial X-X con la pared interior del conducto, no representada en la figura.

45 Preferentemente, la superficie radialmente interior 12 de los anillos metálicos 3 está dispuesta sustancialmente alineada en la dirección axial X-X con la pared interior del conducto de manera que la pared interior de los anillos de material dieléctrico 6 y la pared interior del conducto están sustancialmente a nivel.

50 En la forma de realización preferida mostrada en las figuras 1 y 2, el dispositivo 1 está compuesto por cinco anillos metálicos 3 y seis anillos de material dieléctrico 6, estando interpuesto cada anillo metálico 3 entre dos anillos metálicos 3.

Los anillos metálicos 3 y los anillos de material dieléctrico 6 están ensamblados mediante dos bridas 14 anulares de retención y tornillos 13 de ensamblaje convenientes, dos en la forma de realización mostrada en las figuras, distanciados de manera angular a lo largo del perímetro del anillo.

55 Para compensar la posible expansión térmica, el dispositivo 1 para medir la humedad comprende por lo menos una unidad 15 para compensar la expansión térmica.

Presenta por lo menos una unidad 15 de compensación por tornillo 13 de ensamblaje.

60 En la forma de realización mostrada en la figura 3, la unidad 15 de compensación está compuesta por por lo menos unos medios 16 elásticos y por lo menos un sensor 17.

65 Los medios 16 elásticos, representados por un resorte 18 helicoidal que funciona mediante compresión, están insertados en un tornillo 13 de ensamblaje en un extremo del mismo y están ubicados entre por lo menos un anillo de material dieléctrico 6 y una brida 14 anular.

El sensor 17 proporciona información desde un procesador de control para corregir la constante dieléctrica detectada a partir del paso de material cuya humedad debe medirse como función de la expansión térmica detectada.

5 Dado que la temperatura es importante para el principio de funcionamiento del dispositivo 1, como la constante dieléctrica cambia a medida que cambia la temperatura, el dispositivo según la presente invención puede presentar por lo menos una sonda de temperatura, no mostrada en la figura, adaptada para detectar la temperatura de procesamiento y enviar una señal a un procesador de control, no representado, para corregir la constante dieléctrica y posteriormente la humedad detectada.

10

Preferentemente, la sonda de temperatura es un sensor RTD, disponible normalmente en el mercado.

Según un segundo aspecto particularmente ventajoso, el condensador está insertado en un circuito 29 puente.

15 Un ejemplo de un circuito 29 puente de este tipo se representa esquemáticamente en la figura 4 en la que puede observarse que el circuito 29 puente presenta por lo menos una primera 20 y una segunda 21 línea de energía eléctrica conectadas en paralelo.

20 La primera línea 20 comprende por lo menos dos resistencias R1; R2 conectadas en serie, mientras que la segunda línea comprende por lo menos una resistencia de referencia RX conectada en serie al condensador Cx.

Preferiblemente, el circuito 29 puente está conectado en paralelo a un osciloscopio 19 adaptado para aplicar una señal sinusoidal variable determinada al circuito 29 puente para medir los cambios de capacitancia del condensador Cx.

25

El dispositivo para medir la humedad según la presente invención puede medir el cambio de capacitancia del condensador, con respecto a un valor de referencia, de un material, en forma de gránulos secos, líquidos o gaseosos, o en forma de polvos, que fluye en su interior. En detalles, los cambios de capacitancia del condensador Cx de un material que fluye dentro de los anillos metálicos 3 y los anillos de material dieléctrico 6, con respecto a un valor de referencia.

30

El valor de referencia es el valor de capacitancia proporcionado por la misma constante dieléctrica del material completamente seco.

35 Tras la primera medición con el material completamente seco es posible llevar a cabo directamente en línea la medición de la humedad que será una función de los cambios de capacitancia del condensador Cx.

40 El cambio de capacitancia del condensador Cx cambia a medida que cambia la constante dieléctrica del material que fluye en el interior del condensador con respecto al valor de constante dieléctrica del mismo material completamente seco.

45

Particularmente, además de otras consideraciones tales como por ejemplo la temperatura del material y la posible expansión térmica, la constante dieléctrica cambia a medida que cambia el número de dipolos de agua comprendidos en el material que fluye en el condensador Cx.

50

Entonces, a través del cambio de capacitancia del condensador Cx con respecto a un valor de referencia y un procesamiento apropiado mediante un procesador de control, no representado, es posible medir el porcentaje de humedad del material que fluye a través del propio condensador.

50 La presente invención se ha descrito haciendo referencia a algunas formas de realización. Pueden introducirse diversas modificaciones en las formas de realización representadas en detalle en la presente memoria, estando en cualquier caso comprendidas dentro del alcance de protección de la invención, definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo (1) para medir la humedad de materiales que fluyen en forma de gránulos secos, líquidos o gaseosos, o en forma de polvos en por lo menos un conducto dispuesto por lo menos parcialmente a lo largo del eje (X-X) a través del cual fluye el material cuya humedad debe medirse, que comprende:
- por lo menos un condensador (Cx) en el que fluye el material cuya humedad debe medirse, caracterizado por que el condensador (Cx) comprende:
- 10
- por lo menos tres anillos metálicos (3) montados de manera coaxial a dicho eje (X-X) y adyacentes a una pared interior del conducto a través del cual fluye el material cuya humedad debe medirse;
 - por lo menos un elemento (5) dieléctrico que presenta una constante dieléctrica sustancialmente lineal al cambio de temperatura, y una expansión térmica inferior a $\alpha = 27 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$;
- 15
- por lo menos una unidad (15) para compensar la expansión térmica del material dieléctrico.
- 20 2. Dispositivo (1) para medir la humedad según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho por lo menos un elemento (5) dieléctrico comprende por lo menos un anillo de material dieléctrico (6).
3. Dispositivo (1) para medir la humedad según la reivindicación 2, caracterizado por que una superficie radialmente interior de dichos electrodos está dispuesta sustancialmente alineada con dicha pared interior de dicho por lo menos un conducto.
- 25 4. Dispositivo (1) para medir la humedad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que presenta una estructura modular.
5. Dispositivo (1) para medir la humedad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicho elemento (5) dieléctrico presenta unas características higroscópicas bajas.
- 30 6. Dispositivo (1) para medir la humedad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicho condensador (Cx) comprende cuatro anillos de material dieléctrico (6) y tres anillos metálicos (3) interpuestos entre los cuatro anillos de material dieléctrico (6).
- 35 7. Dispositivo (1) para medir la humedad según la reivindicación 6, caracterizado por que dicha unidad (15) de compensación comprende por lo menos unos medios (16) elásticos y por lo menos un sensor (17) dispuestos entre por lo menos un anillo de material dieléctrico (6) y una brida para soportar el condensador (Cx).
- 40 8. Dispositivo (100) para medir la humedad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende por lo menos una sonda de temperatura.
9. Dispositivo (100) para medir la humedad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicho condensador (Cx) está insertado en un circuito (29) puente.
- 45 10. Dispositivo (100) para medir la humedad según la reivindicación 9, caracterizado por que dicho circuito (29) puente comprende por lo menos una primera (20) y una segunda (21) línea de energía eléctrica conectadas en paralelo, comprendiendo la primera línea (20) por lo menos dos resistencias (R1; R2) y comprendiendo dicha segunda línea (21) por lo menos una resistencia de referencia (RX) y por lo menos dicho condensador (Cx).
- 50 11. Dispositivo (100) para medir la humedad según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que dicho circuito (29) puente está conectado a un oscilador (19) adaptado para aplicar una señal sinusoidal variable a dicho circuito (29) puente para medir los cambios de capacitancia de dicho condensador (Cx).
- 55 12. Dispositivo (100) para medir la humedad según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho por lo menos un elemento dieléctrico está compuesto sustancialmente por PTFE.
13. Dispositivo (100) para medir la humedad según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho elemento (5) dieléctrico está compuesto sustancialmente por material cerámico.
- 60 14. Dispositivo (100) para medir la humedad según la reivindicación 1, caracterizado por que las paredes interiores de dicho condensador (Cx) están selladas herméticamente.

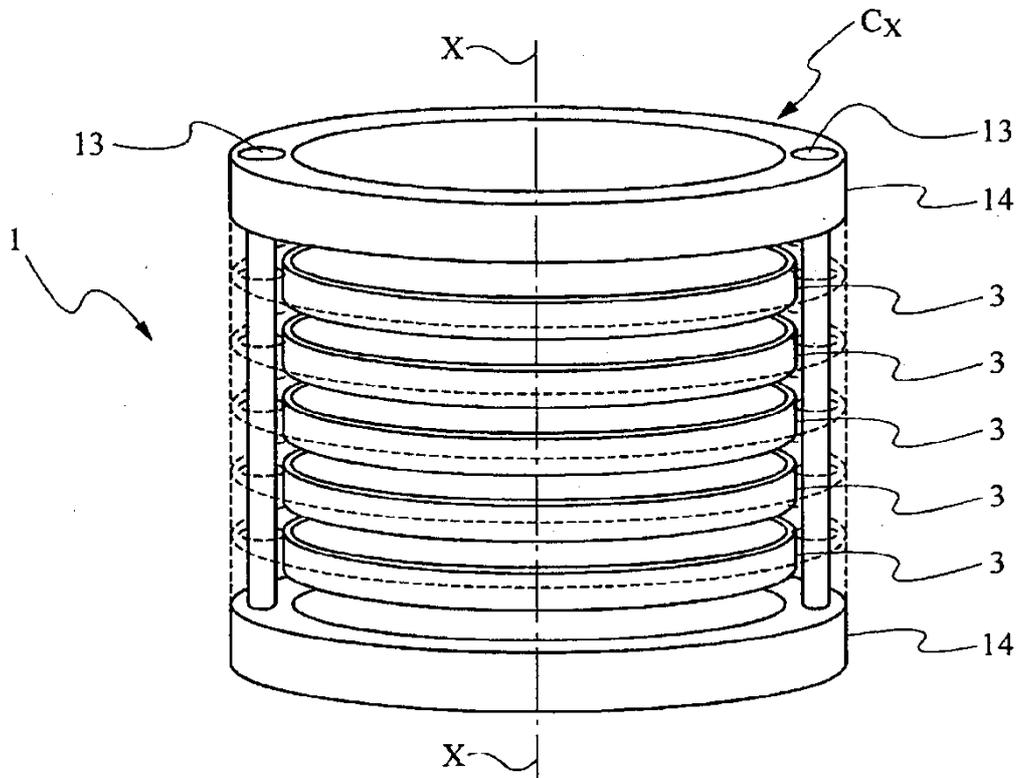


Fig. 1

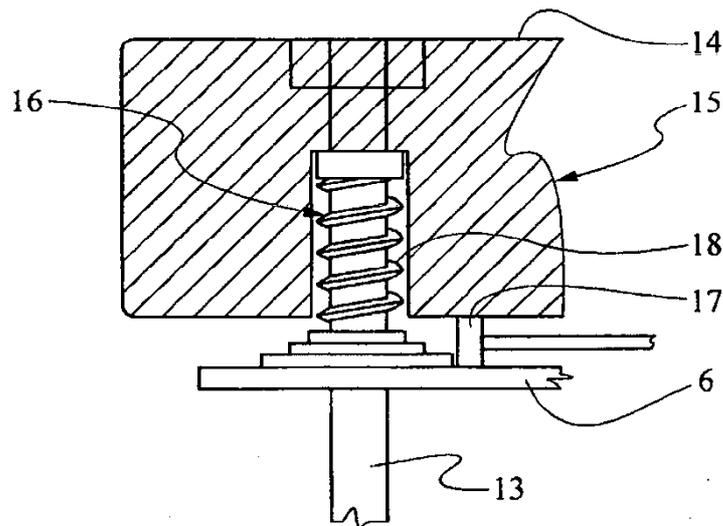


Fig. 3

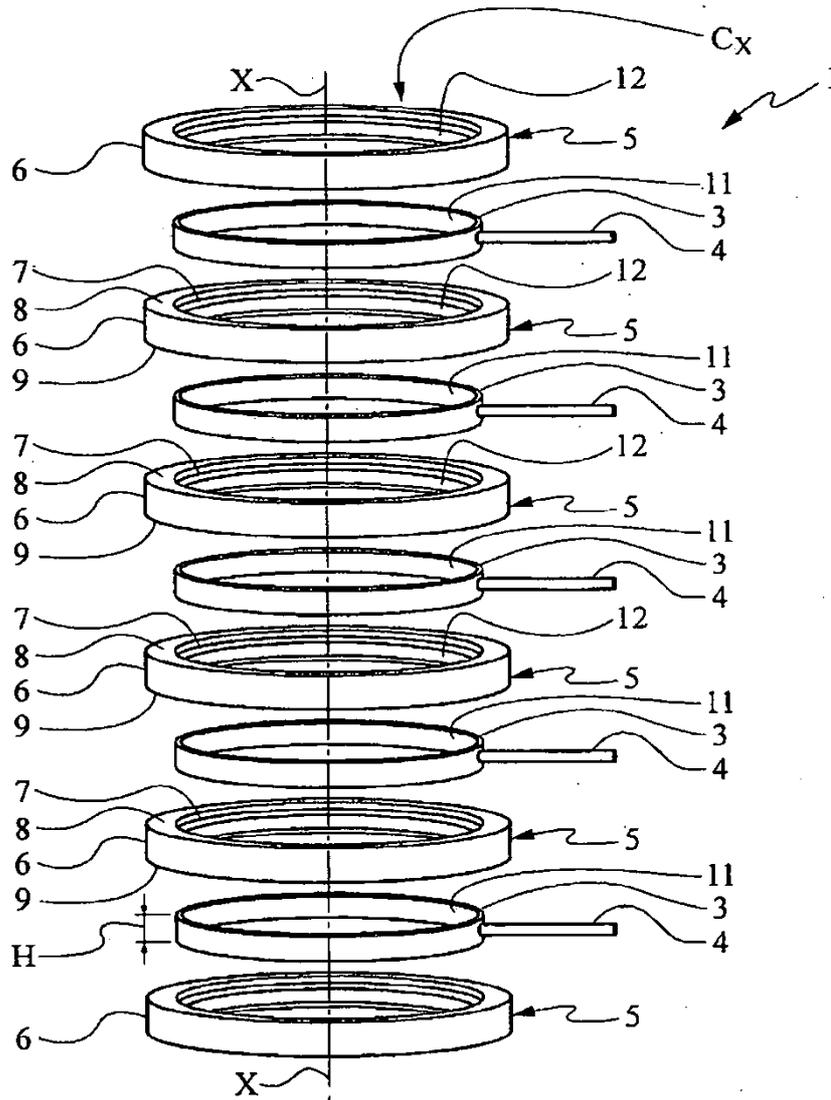


Fig. 2

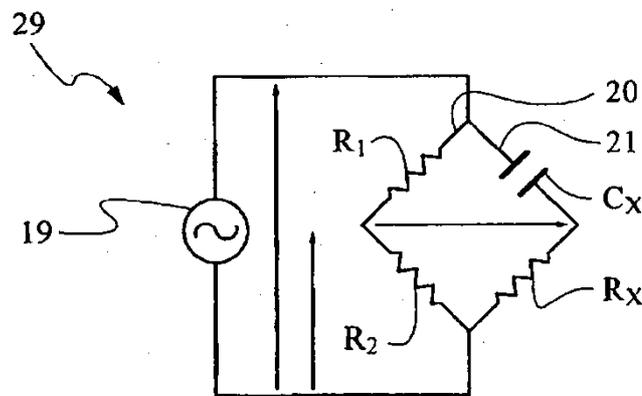


Fig. 4