

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 442 249**

51 Int. Cl.:

G01L 9/00 (2006.01)

G01L 9/12 (2006.01)

H01G 5/013 (2006.01)

F17C 13/02 (2006.01)

F17C 13/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2006 E 06254058 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2013 EP 1884757**

54 Título: **Método y aparato para controlar la presión de fluidos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.02.2014

73 Titular/es:

**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 HAMILTON BOULEVARD
ALLENTOWN, PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:

**DOWNIE, NEIL y
PRADIER, MATHILDE**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 442 249 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 controlar la presión de fluidos

- 5 La presente invención se refiere a métodos y aparatos para controlar y suministrar fluidos presurizados, en particular métodos y aparatos que pueden aplicarse en sistemas donde están presentes fluidos de presión relativamente alta (por ejemplo, 20 bares (2 MPa) o más), tales como, por ejemplo, plantas de fabricación que utilizan fluidos de alta presión o el suministro de fluidos en cilindros de alta presión.
- 10 Se conocen diversos tipos de sensores para detectar la presión en un fluido. El tipo más convencional usa un diafragma elástico equipado con elementos extensométricos (a veces denominados piezorresistivos). Sin embargo, aunque uno de los sensores de presión con menor coste se fabrica actualmente, estos sensores tienden a ser relativamente grandes, y tienen una estructura mecánica que, aunque producible por métodos fotolitográficos de producción en masa, sigue siendo relativamente compleja y cara de fabricar. También tienen un cierto grado de fragilidad y requieren una compensación en la temperatura y en la calibración antes de que puedan usarse.
- 15 También son conocidos los sensores de presión que comprenden un diafragma elástico y flexible y que utilizan la capacitancia en su mecanismo. Por ejemplo, el documento US 4.204.244 describe un sensor de presión que puede usarse en motores de combustión interna de automóviles, que comprende un diafragma flexible y un miembro de base rígida separados en sus circunferencias por una pared anular. El diafragma y el miembro de base portan cada uno un electrodo y un vacío de referencia se almacena en el espacio cerrado formado por el diafragma, la base y la pared, los cambios en la presión externa provocando que el diafragma se flexione cambiando así la capacitancia del sensor.
- 20 Otros sensores de presión, usados más a menudo en agua y conocidos comúnmente como hidrófonos, emplean un sólido piezoeléctrico como su elemento activo. Sin embargo, estos sensores solo pueden usarse para valores de presión que cambien rápidamente, en un espacio temporal de segundos o menos, ya que sufren una desviación rápida del cero.
- 25 El documento US 4.924.701 describe un sensor de presión para usarlo en entornos de alta presión, tales como depósitos de petróleo subterráneos, para detectar pequeños cambios en la presión. El sensor comprende un primer y un segundo condensador definidos por una primera y una segunda placa fija del condensador a cada lado de una placa común del condensador, con un medio dieléctrico gaseoso entre las placas. Las placas y el medio gaseoso se encierran en un alojamiento que incluye un diafragma que se flexiona cuando se miden los cambios en la presión del fluido, provocando así que el medio dieléctrico gaseoso se comprima o expanda cambiando su constante dieléctrica y, por tanto, la capacitancia total del sistema. El sustrato que soporta la placa común del condensador se flexiona con los cambios térmicos, permitiendo así que dichos cambios se detecten mediante el cambio relativo en la capacitancia del primer y del segundo condensador.
- 30 El documento DE 3023218A1 describe un sensor capacitivo de presión que comprende dos revestimientos conductores eléctricamente separados por una capa elástica y aislante eléctricamente que contiene inclusiones de gas. A medida que la presión aumenta, la capa aislante y las inclusiones de gas se comprimen, aumentando la capacitancia del sensor. Las inclusiones de gas se usan para reducir el módulo elástico del dieléctrico y aumentar así la sensibilidad del sensor. En una realización, se usa una película estirada de polipropileno como capa aislante, y en otra se usan partículas de caucho molido. No se proporciona ningún ejemplo del uso del sensor.
- 35 El documento US 2004/0159158 A1 describe un sensor capacitivo de presión similar, que comprende un par de placas conductoras separadas por un dieléctrico compresible, para usarlo en la detección de la presión dentro de un neumático de coche. Se sugiere el uso de un sensor de temperatura independiente, tal como un anemómetro, dispositivo semiconductor, dispositivo químico o termistor, para permitir la compensación térmica. También se describen técnicas para corregir la fuerza centrípeta. Se sugiere el material de espuma de silicona, el material de caucho, el material de caucho sintético, el neopreno, la espuma de poliuretano y la espuma de politetrafluoroetileno (PTFE) como dieléctricos adecuados. En una realización ejemplar, se usa caucho de espuma de silicona.
- 40 El documento US 4.545.254 describe un sensor capacitivo adicional en el que los electrodos están separados por un material dieléctrico que se selecciona de materiales cerámicos ferroeléctricos de pirocloro específicos. Se indica que el sensor es adecuado para usarlo a temperaturas criogénicas pero no se proporciona ninguna indicación adicional de los usos previstos o adecuados del sensor.
- 45 El documento US 3.787.764 describe un sensor capacitivo de presión, que comprende un par de electrodos separados por un material dieléctrico sólido para usarlo en la medición de la presión del fluido en un contenedor. El condensador se usa para medir las presiones del fluido hasta 35.000 psi (240 MPa). En las realizaciones ilustradas, se usa un cristal iónico de fluoruro de calcio como material dieléctrico sólido.
- 50 El documento US 4.459.856 describe un sistema transductor de presión capacitivo que comprende un condensador de referencia y un condensador sensible a la presión. Ambos condensadores comprenden una primera y una

segunda capa conductora eléctricamente separadas por un dieléctrico compresible, estando la compresión del dieléctrico del condensador de referencia restringida por una porción de pared aislante. Los condensadores forman parte de un circuito que proporciona una salida de tensión correlacionada con la diferencia en la capacitancia entre los dos condensadores.

5 El documento US 2004/0164868 describe un dispositivo de extinción de fuego por dióxido de carbono que comprende un dispositivo de medición capacitivo para detectar la pérdida de gas del tanque de presión de dióxido de carbono. El dispositivo de medición capacitivo comprende una sonda, que preferiblemente se extiende a toda la altura del recipiente a presión, y que comprende dos electrodos tubulares coaxiales con dióxido de carbono líquido, gaseoso o supercrítico formando el dieléctrico intermedio.

10 El documento KR20040100001 describe un aparato de respiración que comprende un cilindro de aire de alta presión, un sensor de presión para medir la presión del aire y una unidad de transmisión para transmitir la presión restante a una unidad de visualización inalámbrica de la interfaz de la unidad de respiración.

15 El documento GB 2111749 describe un condensador de potencia que comprende una pluralidad de elementos condensadores. Los elementos condensadores comprenden una primera y una segunda lámina enrolladas entre sí, un material dieléctrico sólido que comprende películas poliméricas que separan la primera y la segunda lámina entre sí. La película polimérica es preferiblemente polipropileno. Otros polímeros que pueden usarse son polietileno, copolimerizados de etileno y propileno y polimetilpentano, policarbonato, tereftalato de polietilenglicol y poliimida.

20 Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para controlar la presión de un fluido dentro de un recipiente rígido, que comprende el control de la capacitancia de un condensador que comprende un dieléctrico sólido, elástico y deformable que separa el primer y el segundo elemento conductor, estando el condensador expuesto a dicho fluido presurizado de forma que la distancia entre los elementos conductores y, de este modo, la capacitancia del condensador, cambie con la compresión o relajación del dieléctrico en respuesta a los cambios en la presión del fluido, en el que el dieléctrico es un material polimérico que tiene un módulo de compresibilidad (K) de 1 a 10 GPa que está al menos sustancialmente exento de poros o células abiertas o cerradas.

25 En ocasiones, el fluido que se está controlando tiene al menos una presión relativamente alta, es decir, una presión de al menos 20 bares (2 MPa), pero no supera los 1000 bares (100 MPa). Preferiblemente, la presión del fluido no supera los 300 bares (30 MPa). El recipiente rígido puede ser de cualquier tipo adecuado para contener y/o transferir fluidos presurizados, tales como por ejemplo un conducto, un tanque contenedor, una columna de separación, un depósito de almacenamiento y un cilindro de gas portátil entre otros. Evidentemente, el recipiente debe ser adecuado para soportar las presiones del fluido en el intervalo en el que está previsto que se use.

30 Los presentes inventores han descubierto que los condensadores que comprenden un dieléctrico sólido, elástico y deformable que separa el primer y el segundo elemento conductor pueden usarse de forma fiable, como se ha descrito anteriormente, para detectar los cambios de presión en fluidos de alta presión, tales como aquellos de 20 bares (2 MPa) o más. Dichos condensadores son resistentes y pueden fabricarse de manera económica y sencilla usando técnicas de producción en masa, proporcionando importantes beneficios en entornos donde el fluido necesita controlarse a altas presiones y en numerosos lugares.

35 Según proceda y se desee, la capacitancia del condensador puede controlarse directamente, por ejemplo visualizando la capacitancia mediante lectura digital o analógica, o la capacitancia puede convertirse en otro formato que pueda controlarse de forma más conveniente. Por ejemplo, la capacitancia puede convertirse en una salida de tensión, como se describe con más detalle a continuación. Como alternativa, podría producirse una simple señal binaria, tal como por ejemplo una luz que se active o desactive cuando la capacitancia indique que la presión ha disminuido por debajo, o ha aumentado por encima, del nivel deseado. Igualmente, dichas visualizaciones digitales/analógicas, luces u otras formas de indicación pueden colocarse en o cerca del propio recipiente y/o, según sea conveniente donde la presión del fluido vaya a controlarse en múltiples recipientes, los datos relevantes pueden transmitirse a través de cualquier medio adecuado (tal como una red de comunicaciones por cable o inalámbrica) a otro lugar.

45 En una realización preferida, el método comprende adicionalmente el control de la capacitancia de un segundo condensador que comprende un primer y un segundo elemento conductor separados mediante un dieléctrico sólido, elástico y deformable, estando situado el segundo condensador de forma que no esté expuesto al fluido presurizado para proporcionar una capacitancia de referencia independiente de los cambios en la presión del fluido.

50 El segundo condensador puede usarse, por ejemplo, para medir los efectos, si los hubiera, de los cambios en las temperaturas de la capacitancia, cuyos efectos pueden compensarse posteriormente a la hora de determinar los cambios en la presión del fluido. Cuando está presente, el condensador de referencia es preferiblemente de materiales y construcción similar y más preferiblemente de materiales y construcción sustancialmente idéntica al sensor de presión del condensador.

65

Preferiblemente, el primer y el segundo condensador forman parte de un circuito que proporciona una salida de tensión, más preferiblemente una salida de tensión CC, correlacionada con la diferencia en la capacitancia entre los dos condensadores, comprendiendo el método el control de dicha salida de tensión. Los circuitos ejemplares incluyen circuitos osciladores de multivibrador (salida CC) y circuitos de puente de Wheatstone (salida CA).

5 Preferiblemente, el recipiente es un contenedor que comprende medios para dispensar el fluido presurizado, tal como una salida con un precinto rompible o un conjunto de válvula para regular el flujo del fluido a través de la salida. Es preferible que el contenedor sea de un tipo que pueda usarse para almacenar fluidos presurizados durante el transporte desde una estación de servicio hasta un punto de utilización. En particular, es preferible que el
10 contenedor sea una botella o cilindro de gas portátil y recargable, o dispositivos similares que sean relativamente fáciles de transportar sin requerir de vehículos pesados y similares. Dichos contenedores son típicamente de bajo coste y se usan frecuentemente, de forma que el método de la presente invención tiene una ventaja particular cuando se aplica a estos contenedores.

15 El contenedor puede ir acompañado de un dispositivo operativo para transmitir una señal cuando la capacitancia indique que la presión del fluido en el contenedor ha disminuido por debajo de un nivel predeterminado, comprendiendo el método el control de dicha señal. El dispositivo puede estar operativo para transmitir una señal inalámbrica, facilitando el control de la presión del fluido en contenedores que no están situados de forma céntrica.

20 Preferiblemente la temperatura del fluido es de -20 a +100 °C, más preferiblemente aproximadamente a temperatura ambiente. Preferiblemente el fluido es un gas. Los gases ejemplares incluyen oxígeno para aplicaciones médicas, oxígeno y mezclas de oxígeno/argón para soldadura, hidrógeno para transporte e hidrógeno y helio para aplicaciones de laboratorio.

25 El dieléctrico tiene, como se ha mencionado anteriormente, un módulo de compresibilidad (K) de 1 a 10 GPa. Más preferiblemente el dieléctrico tiene un (K) de 1 a 6 GPa, y más preferiblemente tiene un (K) de 1 a 4 GPa.

30 El módulo de compresibilidad de un material se define según la relación módulo de compresibilidad = presión ejercida/ (cambio en volumen/volumen original), y es igual a la inclinación de una curva tensión/deformación de compresión de un material.

35 El módulo de compresibilidad de materiales poliméricos se calcula a menudo usando el método ASTM D695 o ISO604, en el que la muestra de ensayo está comprimida entre dos placas de compresión y la deformación compresiva se mide usando un extensómetro.

40 Sin embargo, al seleccionar los materiales dieléctricos para la presente invención el módulo de compresibilidad de un material se calcula preferiblemente mediante un método de presión hidrostática usando un instrumento PVT tal como un dilatómetro de mercurio o hidráulico (agua). En este método, se sumerge una muestra de un volumen conocido en agua dentro de un contenedor, el contenedor introducido dentro de un recipiente a presión con la presión aplicada, y se mide la presión aplicada y el cambio en el volumen del material que experimenta la medición basado en el cambio en la altura del agua del contenedor. La temperatura se mantiene constante a temperatura ambiente, por ejemplo, aproximadamente a 23 °C. Otros aspectos del procedimiento de ensayo pueden realizarse, por ejemplo, según el método de ensayo ISO o ASTM anterior. En la mayoría de los casos, el módulo de compresibilidad de un material polimérico calculado por el método ASTM/ISO o por el método del dilatómetro será
45 similar. Sin embargo, el método del dilatómetro se considera aplicable de forma más general y proporciona lecturas más precisas para los fines de la presente invención.

50 A modo de ejemplo, un diseño de un dilatómetro adecuado para su uso en el método anterior se describe en "A new pressurizable dilatometer for measuring bulk modulus of thermosets", Meng, O'Connell, McKenna y Simon, ANTEC2005, páginas 3256-3260, que describe un dilatómetro de mercurio que, en el caso de este artículo concreto, se usó para medir el módulo temporal de diversos termoeestables.

55 Los inventores han descubierto que los materiales dieléctricos sólidos que tienen un módulo de compresibilidad (K), también conocidos como módulos compresibles de elasticidad o simplemente módulos compresibles, de al menos 1 GPa actúan favorablemente en comparación con diversos materiales dieléctricos usados en la técnica anterior cuando se utilizaron en un condensador para detectar los cambios de presión a altas presiones. Se ha descubierto que si se usan materiales de módulo inferiores el dieléctrico puede ser susceptible a daños y/o cambios permanentes en las dimensiones resultantes de un conjunto de compresión y/o deformación permanente por fatiga, y también se ha descubierto que los condensadores resultantes son menos precisos en la detección de cambios en la presión. Un máximo (K) de 10 GPa es preferible, y los presentes inventores han descubierto que cuando se usan
60 materiales de módulo superiores, estos son insensibles en muchos casos a los cambios de presión incluso a presiones relativamente altas.

65 A modo de ejemplo, los materiales usados en la técnica anterior como dieléctrico y que tienen típicamente un módulo de compresibilidad inferior a 1 GPa incluyen la mayoría de cauchos sintéticos y naturales y elastómeros de silicona (típicamente de 50 a 150 MPa). Debería señalarse que, aunque anteriormente se enumeraron los valores

típicos de K, el módulo actual de un material polimérico viene dado no solo por los tipos y/o mezclas de polímeros usados, sino que también puede efectuarse por la presencia de aditivos (tales como extensores o rellenos) y el proceso por el que se fabrica el polímero.

- 5 La mayoría, si no todos, de los materiales dieléctricos que tienen un módulo de compresibilidad muy por encima de 10 GPa incluyen dieléctricos cerámicos (módulo de compresibilidad en la región de 70 a 80 GPa).

El dieléctrico sólido es preferiblemente un polímero que comprende un polímero de policarbonato o un polímero de poliéster.

- 10 Los presentes inventores han descubierto polímeros que actúan mejor que otros materiales dieléctricos sólidos tales como dieléctricos cerámicos. Típicamente se prefieren los polímeros que tienen un módulo de compresibilidad comprendido en el intervalo preferido mencionado anteriormente. Los tipos de polímero ejemplares incluyen, pero no se limitan a policarbonatos (típicamente de aproximadamente 3 GPa), polipropilenos (de aproximadamente 1,5 GPa), poliestirenos (de aproximadamente 2 GPa), poliésteres (de aproximadamente 3,75 GPa) y PTFE (de aproximadamente 3,75 GPa). Cuando proceda, también pueden usarse mezclas de polímeros y/o copolímeros así como aditivos o rellenos para mejorar ciertas propiedades químicas o mecánicas de los polímeros como es bien conocido en la técnica. Por supuesto, al usar dichos copolímeros, mezclas, aditivos y/o rellenos, debería considerarse el efecto en el módulo de compresibilidad del material.

- 20 Como se ha mencionado anteriormente, es particularmente preferible el uso de un polímero de policarbonato y/o polímero de poliéster como dieléctrico. Los inventores han descubierto que los dieléctricos fabricados de estos polímeros tienen propiedades especialmente deseables. Cuando estos dieléctricos se han usado, los inventores han descubierto que el condensador se deforma de forma rápida y reversible bajo presiones de al menos 0 a 300 bares, provocando cambios rápidos en la capacitancia que corresponden de forma precisa a cambios en la presión del fluido. Además, la línea de base (es decir, la capacitancia una vez que la presión ha vuelto al nivel inicial) permanece estable, lo que significa que los resultados producidos por el condensador siguen siendo precisos a pesar del uso reiterado. En comparación, algunos de los condensadores probados usando otros polímeros como dieléctrico mostraron cambios en la capacitancia que no eran reversibles o una capacitancia que cambió lentamente con el tiempo después de una buena respuesta inicial.

- 25 El dieléctrico sólido también está, como se indicó anteriormente, sustancialmente exento de poros o células abiertas o cerradas. De este modo, en contraste con algunos de los materiales dieléctricos de la técnica anterior, el dieléctrico no es un material de espuma ni se proporciona de otro modo con una estructura generalmente porosa o celular, por ejemplo, con el fin de proporcionar inclusiones de gas. El uso de dichas técnicas se añadirá a la complejidad y al coste de fabricar el condensador, y los inventores han descubierto que una estructura celular o de espuma es innecesaria en la presente solicitud. Puede ocurrir que el gas entre en la espuma y provoque problemas. Los polímeros de espuma tienen típicamente un módulo de compresibilidad significativamente reducido en comparación con el polímero sin espuma equivalente (por ejemplo, la espuma de poliuretano típicamente tiene un módulo de compresibilidad de aproximadamente 100 MPa, y el módulo de compresibilidad de espuma de poliuretano mojada puede ser de tan solo aproximadamente 5 MPa). La presencia de inclusiones de gas también puede provocar otras desventajas mecánicas, tales como problemas agravados de histéresis y derivación debido al conjunto de compresión y deformación permanente por fatiga de un material polimérico.

- 45 Los inventores no creen que la constante dieléctrica del dieléctrico sea importante en la presente invención, aunque en general pueden preferirse los dieléctricos que tienen una constante dieléctrica de 2 a 15 épsilones.

- 50 El condensador puede comprender una primera y una segunda lámina conductora separadas por una o más láminas del dieléctrico sólido. Las láminas conductoras pueden ser láminas metálicas o de metal que están laminadas al material dieléctrico sólido, usando por ejemplo un adhesivo adecuado. Como alternativa, las láminas conductoras pueden formarse directamente en la lámina o láminas dieléctricas como capas metálicas, por ejemplo mediante deposición al vacío. Si se desea, pueden usarse diferentes métodos de construcción para láminas conductoras diferentes.

- 55 Son preferibles dichas formas de condensador, ya que pueden fabricarse de manera sencilla usando técnicas convencionales para fabricar condensadores. En una técnica común, una capa o lámina metálica se aplica a ambos lados de una lámina dieléctrica sólida, que posteriormente se enrolla, dobla o apila con una lámina de dieléctrico sólido que no tiene una capa metálica. En una técnica alternativa, una capa o lámina metálica se aplica solo en un lado de las dos láminas de dieléctrico sólido, que posteriormente se enrollan/doblan/apilan entre sí para fabricar el condensador. La técnica anterior, aunque es útil, puede preferirse menos debido al potencial de penetración del fluido entre las dos láminas dieléctricas que separan las láminas conductoras.

- 60 El grosor de cada lámina conductora es preferiblemente aproximadamente de dos o más órdenes de magnitud menor que el grosor total de la lámina o láminas dieléctricas. Esto es debido a que el comportamiento del sensor del condensador también dependerá hasta cierto punto de los grosores relativos a los elementos conductores y al dieléctrico. Si las láminas conductoras son lo suficientemente delgadas, se estirarán o comprimirán ligeramente

cuando el condensador esté presurizado y el dieléctrico se comprimirá aproximadamente de forma isotrópica, proporcionando buenos resultados reproducibles con pocos efectos irreversibles. Sin embargo, si las láminas conductoras son relativamente gruesas entonces el módulo superior del metal (~100 GPa), comparado con el módulo inferior de un dieléctrico de polímero sólido, puede tener el efecto indeseable de provocar que la lámina de dieléctrico se comprima lateralmente aumentando los efectos del conjunto de compresión y deformación permanente por fatiga. Por consiguiente, se preferirá normalmente una construcción de condensador que use una capa metálica o de metal delgada. Muchas variedades de condensadores con un dieléctrico polimérico fabricados para su uso en equipos eléctricos pueden ser adecuadas a este respecto, construyéndose, por ejemplo, con un grosor del dieléctrico polimérico del orden de aproximadamente 10 micrómetros y una metalización depositada por vacío del orden de aproximadamente 30 nanómetros de grosor.

El condensador puede incluir también un revestimiento para evitar o inhibir la penetración del fluido presurizado dentro o alrededor del dieléctrico sólido que separa el primer y el segundo elemento conductor. Esto es particularmente preferible donde se usa un material celular o poroso como dieléctrico, y/o donde el sensor se fabrica usando más de una lámina de dieléctrico sólido para separar los elementos conductores de forma que haya un potencial de penetración del fluido entre estas láminas (como se ha analizado anteriormente).

Preferible, pero no esencialmente, el condensador tiene una capacitancia de 10 a 1000 nF, más preferiblemente de 20 a 700 nF.

Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un recipiente rígido para un fluido presurizado, incluyendo el recipiente un condensador que comprende un dieléctrico sólido, elástico y deformable que separa el primer y el segundo elemento conductor, estando el condensador situado de forma que esté expuesto a dicho fluido presurizado, cuando el fluido está presente en el recipiente, de forma que la distancia entre los elementos conductores y, de este modo, la capacitancia del condensador cambie con la compresión o relajación del dieléctrico en respuesta a los cambios en la presión del fluido, en el que el dieléctrico es un material polimérico que tiene un módulo de compresibilidad (K) de 1 a 10 GPa que está al menos sustancialmente exento de poros o células abiertas o cerradas, y el recipiente es una botella o cilindro de gas portátil y recargable que comprende medios para dispensar el fluido presurizado.

Preferiblemente, el recipiente va acompañado adicionalmente de un segundo condensador que comprende un primer y un segundo elemento conductor separados por un dieléctrico sólido, elástico y deformable, estando el segundo condensador situado de forma que no esté expuesto al fluido presurizado, cuando el fluido está presente en el recipiente, para proporcionar una capacitancia de referencia independiente de cambios en la presión del fluido. Preferiblemente, el primer y el segundo condensador forman parte de un circuito que proporciona una salida de tensión correlacionada con la diferencia en la capacitancia entre los dos condensadores.

Otras realizaciones preferidas del segundo aspecto de la presente invención serán evidentes por referencia a las realizaciones preferidas del primer aspecto, como se ha descrito anteriormente.

Las realizaciones ilustrativas de la invención se describirán a continuación, únicamente a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 muestra el funcionamiento de un condensador como un sensor de presión;

La Figura 2 es una representación esquemática de un condensador instalado en un conjunto de válvula de un cilindro presurizado;

La Figura 3 es una representación esquemática de un circuito de lectura de multivibrador para producir una lectura de tensión CC correlacionada con la presión;

La Figura 4 es una representación esquemática de un circuito de lectura de puente de Wheatstone para producir una lectura de tensión CA;

La Figura 5 es una representación esquemática del banco de ensayos usado para registrar los datos graficados en las Figuras 6 a 12;

La Figura 6 es un gráfico que registra el cambio en la tensión con el paso del tiempo producido por el indicador de referencia electrónico y por el circuito de multivibrador de la Figura 5, donde se usó poliéster de 0,68 μ F para el dieléctrico del condensador;

La Figura 7 es un gráfico que registra la lectura de la presión (en voltios) a partir del indicador de referencia frente a la lectura de la capacitancia (en voltios) del condensador de poliéster de 0,68 μ F, superponiendo tres realizaciones;

Las Figuras 8 (a) y (b) son gráficos que registran el cambio en la tensión con el paso del tiempo producido por el indicador de referencia y por el circuito de multivibrador de la Figura 5, donde se usó policarbonato de 22 nF (Figura 8a) y de 470 nF (Figura 8b) para el dieléctrico del condensador;

Las Figuras 9 (a) y (b) son gráficos que registran la lectura de la presión (en voltios) a partir del indicador de referencia frente a la lectura de la capacitancia (en voltios) a partir de los condensadores de policarbonato de 22 nF (Figura 9a) y de 470 nF (Figura 9b), superponiendo tres realizaciones;

La Figura 10 es un gráfico que registra la presión del fluido frente a la capacitancia del sensor para policarbonato de 470 nF, comparado con una curva de la ley de potencia teórica;

La Figura 11 es un gráfico que registra la presión del fluido registrada frente a la capacitancia del sensor para policarbonato de 470 nF a diversas temperaturas;

Las Figuras 12 (a) y (b) son gráficos que registran el cambio en la tensión con el paso del tiempo producido por el indicador de referencia y por el circuito de multivibrador de la Figura 5, donde se usó disco cerámico de 100 nF (Figura 12a) y MICA de 22 nF (Figura 12b) como dieléctrico del condensador;

La Figura 13 es una representación esquemática de una estructura de condensador que permite la difusión de gas; y

La Figura 14 es un diagrama que ilustra un método para suministrar oxígeno para el hogar.

La Figura 1 muestra un condensador (1) que comprende un primer conjunto de placas conductoras paralelas (102) que forman un primer electrodo y está intercalado con un segundo conjunto de placas conductoras paralelas (103) que forman un segundo electrodo, estando las placas separadas por un dieléctrico sólido y deformable (104). Las placas pueden consistir en láminas de metal muy delgadas o en capas metálicas formadas directamente en la capa polimérica. Cuando las placas se comprimen entre sí en respuesta a un incremento en la presión (P), la capacitancia aumenta.

La Figura 2 muestra un condensador (201) instalado en un conjunto de válvula (202) para un cilindro de gas a alta presión (no mostrado). La instalación del condensador se complementa con el sensor de tamaño muy pequeño. El condensador está situado en una ramificación lateral cerrada de la entrada de la válvula (203), aguas arriba de la salida de la válvula (205), estando la abertura de la válvula controlada por una rueda manual (204).

La Figura 3 muestra un circuito oscilador de multivibrador (también conocido como circuito oscilador del basculador) para producir una lectura de tensión CC que varía con la presión del fluido. El circuito comprende un condensador expuesto al fluido presurizado (el sensor del condensador) y un condensador que no está expuesto a los cambios de presión en el fluido (el condensador de referencia) acoplado a dos transistores. La salida de los transistores consiste en una onda cuadrada en la que el tiempo de un oscilador es proporcional a la capacitancia del sensor del condensador, y el tiempo del otro oscilador es proporcional a la capacitancia del condensador de referencia. Cuando la capacitancia del sensor cambia en relación a la del condensador de referencia, la relación del multivibrador (es decir, la relación impulso-pausa de la onda cuadrada) cambia proporcionalmente. El circuito regula posteriormente la onda cuadrada en una tensión V, estando la diferencia entre V y una tensión de referencia predeterminada V_{ref} amplificada para proporcionar la tensión de salida V_o .

Más específicamente, y con referencia a la Figura 3, el circuito de multivibrador (309) está formado por un primer y un segundo condensador (301, 302), transistores (303, 304) y resistencias (305, 306, 307 y 308). El primer condensador (301) se sitúa dentro de un recipiente a alta presión en contacto con fluido presurizado, como se muestra por ejemplo en la Figura 2, y el segundo condensador (302), que es de construcción idéntica al primer condensador, se sitúa de forma que no esté expuesto a cambios en la presión del fluido pero que esté al menos expuesto en gran medida a los mismos cambios térmicos que el primer condensador. Las salidas del circuito están en los colectores de los transistores y consisten en una onda cuadrada en la que una salida es alta mientras que la otra es baja.

Las salidas del circuito se filtran por filtros RC formados por la resistencia (310) y el condensador (311) y por la resistencia (312) y el condensador (313). Estas salidas filtradas se aplican a un amplificador diferencial (314) formado por circuitos con amplificador operacional (305, 306) y a sus componentes circundantes, la tensión de salida es proporcional a la diferencia entre sus dos tensiones de entrada, y, de este modo, es proporcional al cambio en la capacitancia del primer y del segundo condensador (101 y 102) y por tanto al cambio en la presión del fluido.

Un filtro RC adicional formado por la resistencia (315) y el condensador (318) facilita la salida desde el amplificador diferencial. Los diodos (319) proporcionan una referencia de 1,1 voltios para garantizar que el circuito tenga una compensación CC adecuada positiva a partir de cero, que es conveniente para que sea capaz de suministrarse a un sistema de datos electrónico que solo pueda aceptar entradas positivas.

La Figura 4 muestra un circuito de puente de Wheatstone para producir una salida CA que varía con los cambios en la presión del fluido. El circuito está formado por un primer condensador (401) que está expuesto a cambios en la presión del fluido, un segundo condensador (402) de construcción idéntica pero que no está expuesto a cambios en la presión del fluido, y un par de resistencias (403 y 404). Al suministrar una tensión CA a los puntos 405 y 406, el voltímetro detecta una salida CA que es proporcional a la diferencia en la capacitancia entre el sensor del condensador y el condensador de referencia. La lectura del voltímetro es, de este modo, indirectamente una medida de presión.

La Figura 5 muestra un banco de ensayo experimental que se usó para obtener los resultados mostrados en las Figuras 6 a 9, analizadas adicionalmente a continuación. Un condensador (501) se situó justo aguas abajo del regulador de presión (505) dentro de una instalación (502) conectada a la salida (504) del cilindro de aire de alta presión (503). El condensador se unió a través del suministro de alta presión a través de la instalación hasta un circuito de multivibrador, que tiene las características mostradas en la Figura 3, que a su vez se unió a un registrador de datos de ordenador (506). Un manómetro electrónico de gran precisión (507) se usó como indicador de referencia

para proporcionar lecturas de presión conocidas por su precisión, y también se unió al ordenador que, de este modo, podría registrar la salida de tensión desde el manómetro (507) y el circuito de multivibrador, estando el flujo de gas del manómetro (507) y el condensador (501) controlados por una válvula de aislamiento (508). Los manómetros de baja precisión (509, 510) se usaron a cada lado del regulador de presión (505), para controlar el funcionamiento del regulador y confirmar adicionalmente el correcto funcionamiento del manómetro (507).

En el uso del banco de ensayo experimental, el cilindro (503) se abrió para liberar gas y la presión suministrada al condensador (501) y/o al manómetro (507) se ajustó con el regulador de presión (505). Los datos, es decir, la presión registrada (salida de tensión desde el manómetro) y la capacitancia (salida de tensión desde el circuito de multivibrador) se descargaron con el paso del tiempo en el ordenador, proporcionando de este modo los datos de las curvas mostradas en las siguientes Figuras para los diversos tipos de dieléctricos de condensador probados.

La Figura 6 muestra el cambio en la capacitancia (registrada en términos de salida de tensión, C(V), del circuito de multivibrador) con el paso del tiempo (medida en segundos) de un condensador que usa un dieléctrico de poliéster de 0,68 µF (línea C (t)), así como el cambio en la presión (de nuevo registrada en voltios, P (V)) durante el mismo periodo de tiempo como se midió por el manómetro de alta precisión (línea P (t)). Como puede observarse, se obtiene una respuesta rápida de los cambios en la capacitancia cuando cambia la presión, y la línea de base es idéntica después de tres ciclos de presión. De este modo es evidente que, con este condensador, los cambios en la capacitancia prosiguen con precisión a los cambios en la presión.

Las Figuras 7 grafican la presión (en voltios) registrada del indicador de referencia frente a la capacitancia del condensador (salida de tensión desde el circuito de multivibrador) usando el dieléctrico de poliéster de 0,68 µF, superponiendo los resultados de los tres ciclos de presión. La estrecha correspondencia entre las curvas demuestra la naturaleza reproducible de los registros de presión obtenibles usando este condensador.

Las Figuras 8a y 8b muestran, en una manera similar a la Figura 6, el cambio en la capacitancia con el paso del tiempo de un condensador que usa un dieléctrico de policarbonato de 22 nF (Figura 8a) o un policarbonato de 470 nF (Figura 8b). Como puede observarse, se obtiene de nuevo una respuesta rápida de los cambios en la capacitancia cuando cambia la presión, y una línea de base idéntica después de ciclos de presión reiterados.

Las Figuras 9a y 9b grafican la presión registrada del indicador de referencia frente a la capacitancia de los condensadores que usan un dieléctrico de policarbonato de 22 nF (Figura 9a) o un policarbonato de 470 nF (Figura 9b), superponiendo los resultados de los tres ciclos de presión como se hizo en la Figura 7. De nuevo, la estrecha correspondencia entre las curvas demuestra la naturaleza reproducible de los registros de presión.

La Figura 10 grafica la presión del indicador de referencia frente a la capacitancia del policarbonato de 470 nF, superpuesto con una curva de la ley de potencia para compararlo. Puede observarse que la presión responde a la capacitancia de manera aproximadamente lineal según una ley de potencia

$$P = \frac{P_{\max}}{(C_{\max} - C_{\min})^x} * (C - C_{\min})^x$$

donde x tiene un valor que es próximo a uno.

De este modo, como se muestra en la Figura 10, usando policarbonato de 470 nF como dieléctrico se proporciona una correlación esencialmente lineal entre la presión y la capacitancia. Con otros dieléctricos donde el cambio resultante de salida de tensión Vo no es lineal con la presión aplicada al condensador, la salida de tensión puede, si se desea, linealizarse. Esto puede realizarse, por ejemplo, usando un ADC y un EPROM. Un conversor de analógico a digital (ADC) convierte los valores de tensión en valores digitales que actúan como una dirección para los datos en una memoria de solo lectura programable y borrable (EPROM). El efecto es transformar las tensiones de entrada en números de salida que son lineales con la presión, usando una tabla de números registrados en el EPROM. En caso necesario, puede usarse un DAC (conversor de digital a analógico) para convertir los números lineales a una salida de tensión lineal.

La Figura 11 grafica, para diversas temperaturas diferentes usando curvas de la ley de potencia con mejor ajuste en vez de datos brutos, el cambio en la capacitancia del sensor de policarbonato de 470 nF frente a la presión del fluido. Muestra que el cambio de temperatura tiene poco efecto en la capacitancia, con las líneas ensayadas para

todas las temperaturas ($P=f(C)$ a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $50\text{ }^{\circ}\text{C}$) variando entre sí ligeramente.

Las Figuras 12a y 12b muestran, de una manera similar a la Figura 6, el cambio en la capacitancia con el paso del tiempo para condensadores que usan como dieléctrico un disco cerámico de 100 nF (Figura 12a) y mica de 22 nF (Figura 12b). Como puede observarse, donde se usa el disco cerámico de 100 nF como dieléctrico, el gráfico no muestra estabilización de la capacitancia después de una disminución en la presión; C sigue disminuyendo y la línea de base no es reproducible. Donde se usó mica de 22 nF, solo se apreciaron pequeñas variaciones de capacitancia con presiones de al menos hasta 100 bares. De este modo, parecería que estos materiales no son adecuados para controlar la presión del fluido a temperatura ambiente en el intervalo de presión ensayado.

En los ensayos descritos anteriormente, se usó una unidad sellada del condensador para evitar en gran medida que el gas penetrara en el dieléctrico. Sin embargo, si se desea, podría usarse un sensor de presión del condensador de dieléctrico sólido donde el gas, al menos hasta cierto punto, se difunde hacia y fuera del dieléctrico. Sin embargo, en este caso el condensador debería estar idealmente diseñado para permitir que la difusión de gas tenga lugar rápidamente. Los gases tales como hidrógeno y helio se difunden fácilmente a través de los materiales, y dicho sensor podría ser particularmente útil en dichos gases. La Figura 13 muestra un ejemplo de dicho sensor del condensador polimérico (1301), en el que se proporcionan orificios (1305) en una o ambas placas del condensador (1302, 1303) para permitir que el gas de la capa del dieléctrico sólido (1304) se difunda relativamente de forma libre.

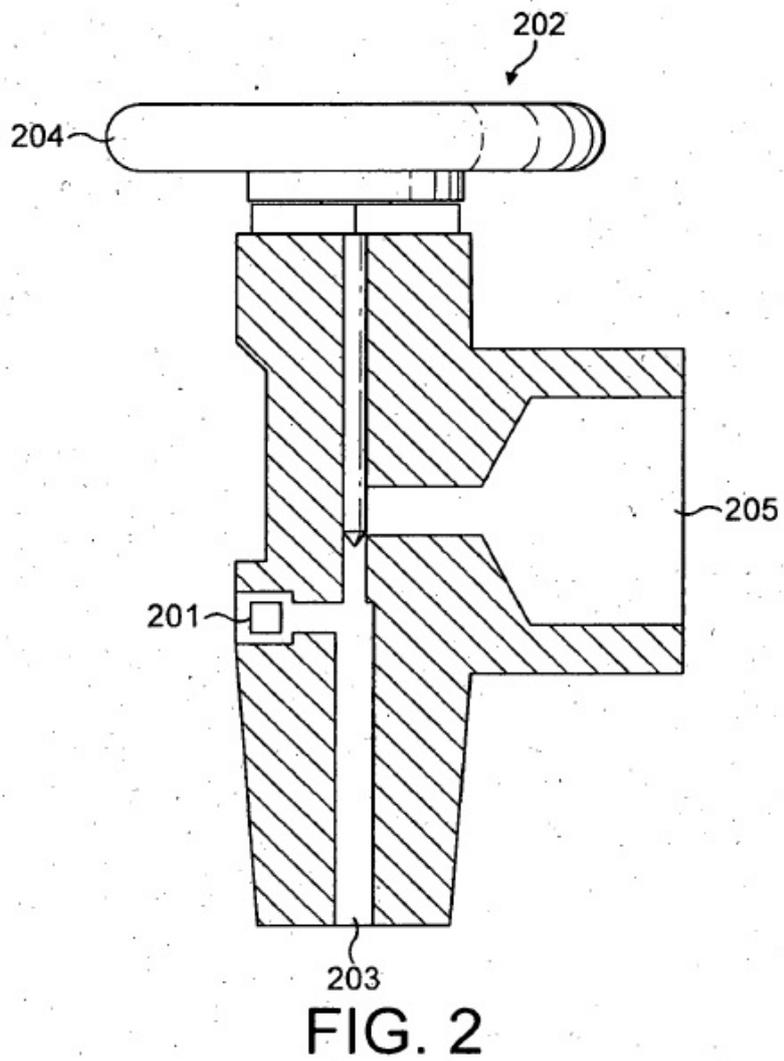
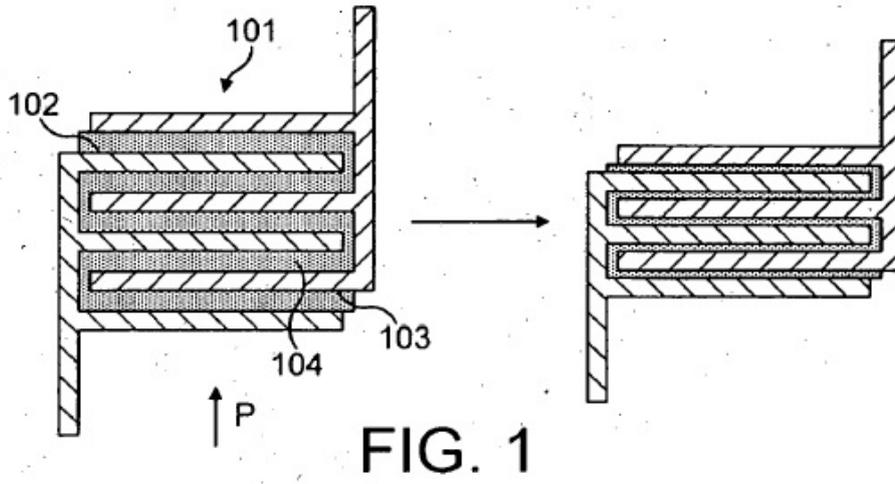
La Figura 14 ilustra un método para suministrar oxígeno médico para el hogar, usando un cilindro de gas de alta presión que comprende un sensor de la presión del condensador. En una aplicación médica en el hogar el suministrador normalmente no puede averiguar si el cilindro de gas que se ha suministrado previamente a un cliente está ahora vacío, obligando de este modo al suministrador a proporcionar cilindros adicionales para su seguridad. Al usar cilindros de gas que contengan un sensor de la presión del condensador pueden conseguirse mayores niveles de eficacia. Como se muestra en la Figura 10, el cilindro de oxígeno 1402 contiene un sensor de la presión del condensador 1401, una capacitancia para un circuito de conversión de la tensión 1403, y un dispositivo de transmisión de radio frecuencia 1404. El dispositivo RF proporciona un enlace de comunicación de intervalo reducido a un receptor RF (1405). El receptor RF está a su vez conectado a un marcador telefónico (1406) que está conectado a la línea telefónica del cliente y puede unir la línea telefónica del paciente doméstico con un marcador (1407) del almacén de la empresa de gas (1408). Cuando el cilindro se está acabando, automáticamente el sistema llama a la empresa para reabastecerlo.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar la presión de un fluido en un recipiente rígido, que comprende el control de la capacitancia de un condensador (101, 201, 301, 401, 501, 1301, 1401) que comprende un dieléctrico sólido, elástico y deformable (104, 1304) que separa un primer y un segundo elemento conductor (102, 103, 1302, 1303), estando el condensador expuesto a dicho fluido presurizado de forma que la distancia entre los elementos conductores y, de este modo, la capacitancia del condensador cambie con la compresión o relajación del dieléctrico en respuesta a los cambios en la presión del fluido, **caracterizado por que** el dieléctrico es un material polimérico que tiene un módulo de compresibilidad (K) de 1 a 10 GPa que está al menos sustancialmente exento de poros o células abiertas o cerradas, y al menos en ocasiones la presión del fluido que se está controlando es de al menos 2 MPa (20 bares) pero no supera los 100 MPa (1000 bares).
2. El método de la reivindicación 1, en el que el dieléctrico comprende un policarbonato, polipropileno, poliestireno, poliéster y/o un polímero politetrafluoroetileno.
3. El método de la reivindicación 1 o 2, en el que el recipiente es un contenedor (503, 1402) adecuado para almacenar fluidos presurizados durante el transporte desde una estación de servicio hasta un punto en el que se dispensa el fluido, comprendiendo el recipiente medios para dispensar el fluido presurizado.
4. El método de la reivindicación 3, en el que el contenedor (503, 1402) es una botella o un cilindro de gas portátil y recargable.
5. El método de las reivindicaciones 3 o 4, en el que el contenedor va acompañado de un dispositivo (1404) operativo para transmitir una señal cuando la capacitancia indique que la presión del fluido en el contenedor ha disminuido por debajo de un nivel predeterminado, comprendiendo el método el control de dicha señal.
6. El método de la reivindicación 5, en el que el dispositivo (1404) está operativo para transmitir una señal inalámbrica.
7. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que la presión del fluido no supera los 30 MPa (300 bares).
8. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que el método comprende adicionalmente el control de la capacitancia de un segundo condensador (302, 402) que comprende un primer y un segundo elemento conductor separados por un dieléctrico sólido, elástico y deformable, estando el segundo condensador situado de forma que no esté expuesto al fluido presurizado para proporcionar una capacitancia de referencia independiente de los cambios en la presión del fluido.
9. El método de la reivindicación 8, en el que el primer y el segundo condensador forman parte de un circuito (309, 1402) que proporciona una salida de tensión correlacionada con la diferencia en la capacitancia entre los dos condensadores, comprendiendo el método el control de dicha salida de tensión.
10. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que la temperatura del fluido es de -20 a +100 °C.
11. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que el fluido es un gas.
12. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que el dieléctrico sólido es un polímero que comprende un polímero de policarbonato o un polímero de poliéster.
13. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que el condensador comprende una primera y una segunda lámina conductora (102, 103, 1302, 1303) separadas por una o más láminas del dieléctrico sólido (104, 1304).
14. El método de la reivindicación 13, en el que el grosor de cada una de las láminas conductoras es aproximadamente de dos o más órdenes de magnitud menor que el grosor total de las láminas del dieléctrico.
15. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que el condensador incluye un revestimiento para evitar o inhibir la penetración del fluido presurizado dentro o alrededor del dieléctrico sólido que separa el primer y el segundo elemento conductor.
16. Un recipiente rígido para un fluido presurizado, incluyendo el recipiente un condensador (101, 201, 301, 401, 501, 1301, 1401) que comprende un dieléctrico sólido, elástico y deformable (104, 1304) que separa un primer y un segundo elemento conductor (102, 103, 1302, 1303), estando el condensador situado de forma que esté expuesto a dicho fluido presurizado, cuando el fluido está presente en el recipiente, de forma que la distancia entre los elementos conductores y, de este modo, la capacitancia del condensador cambie con la compresión o relajación del dieléctrico en respuesta a los cambios en la presión del fluido, **caracterizado por que** el dieléctrico es un material

polimérico que tiene un módulo de compresibilidad (K) de 1 a 10 GPa que está al menos sustancialmente exento de poros o células abiertas o cerradas, y el recipiente es una botella o cilindro de gas portátil y recargable que comprende medios para dispensar el fluido presurizado.

- 5 17. Un recipiente según la reivindicación 16, en el que el dieléctrico comprende un policarbonato, polipropileno, poliestireno, poliéster y/o un polímero de politetrafluoroetileno.
18. Un recipiente según la reivindicación 16 o 17, en el que el recipiente va acompañado adicionalmente de un dispositivo (1404) operativo para transmitir una señal como se define en las reivindicaciones 5 o 6.
- 10 19. Un recipiente según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en el que el recipiente va acompañado adicionalmente por un segundo condensador (302, 402) que comprende un primer y un segundo elemento conductor separados por un dieléctrico sólido, elástico y deformable, estando el segundo condensador situado de forma que no esté expuesto al fluido presurizado, cuando el fluido está presente en el recipiente, para proporcionar una capacitancia de referencia independiente de los cambios en la presión del fluido.
- 15 20. Un recipiente según la reivindicación 19, en el que el primer y el segundo condensador forman parte de un circuito (309, 1403) que proporciona una salida de tensión correlacionada con la diferencia en la capacitancia entre los dos condensadores.
- 20 21. Un recipiente según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 20, en el que el dieléctrico sólido es un polímero que comprende un polímero de policarbonato o un polímero de poliéster.
- 25 22. Un recipiente según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 21, en el que el condensador es como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15.



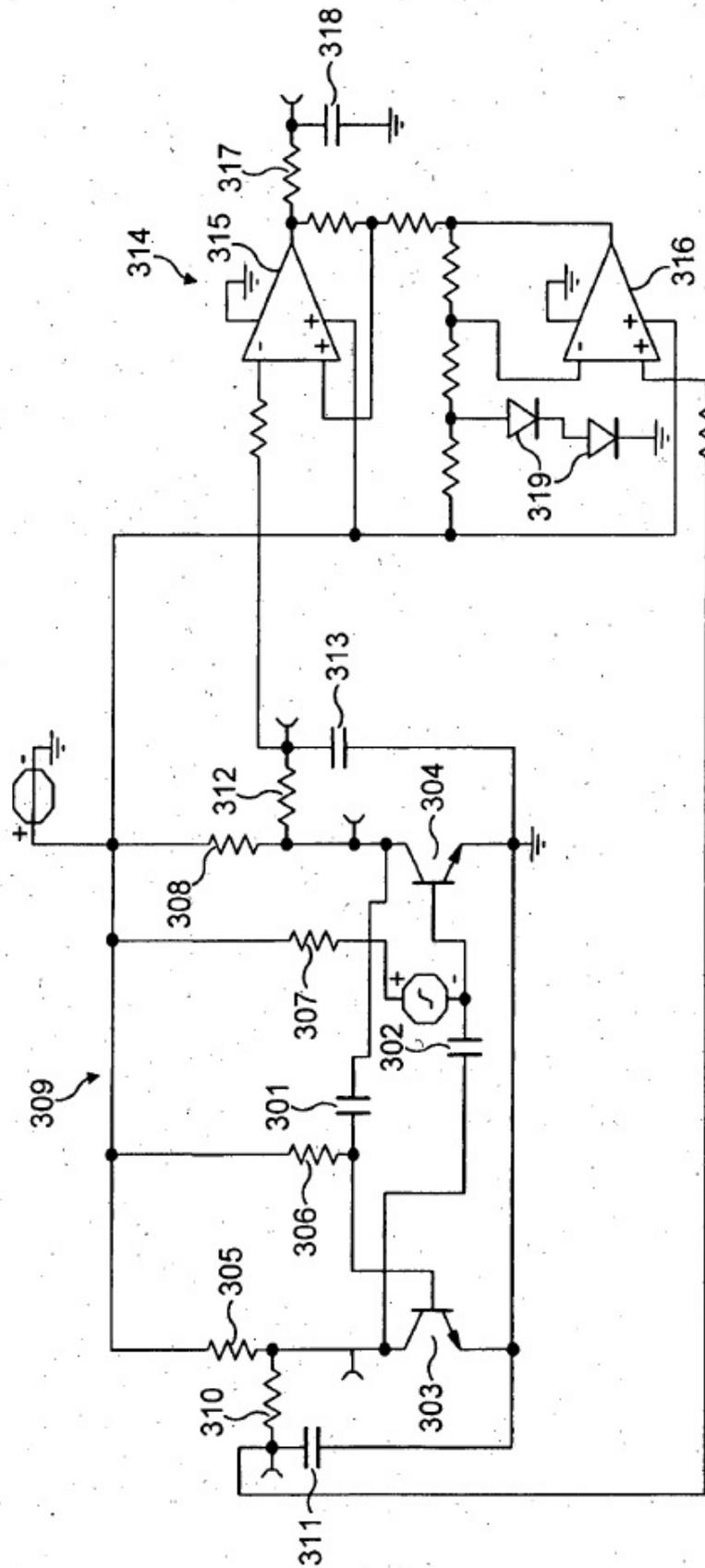


FIG. 3

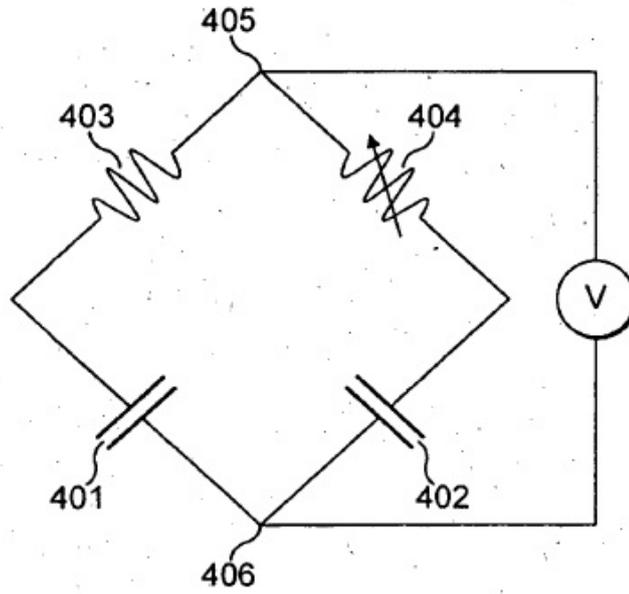


FIG. 4

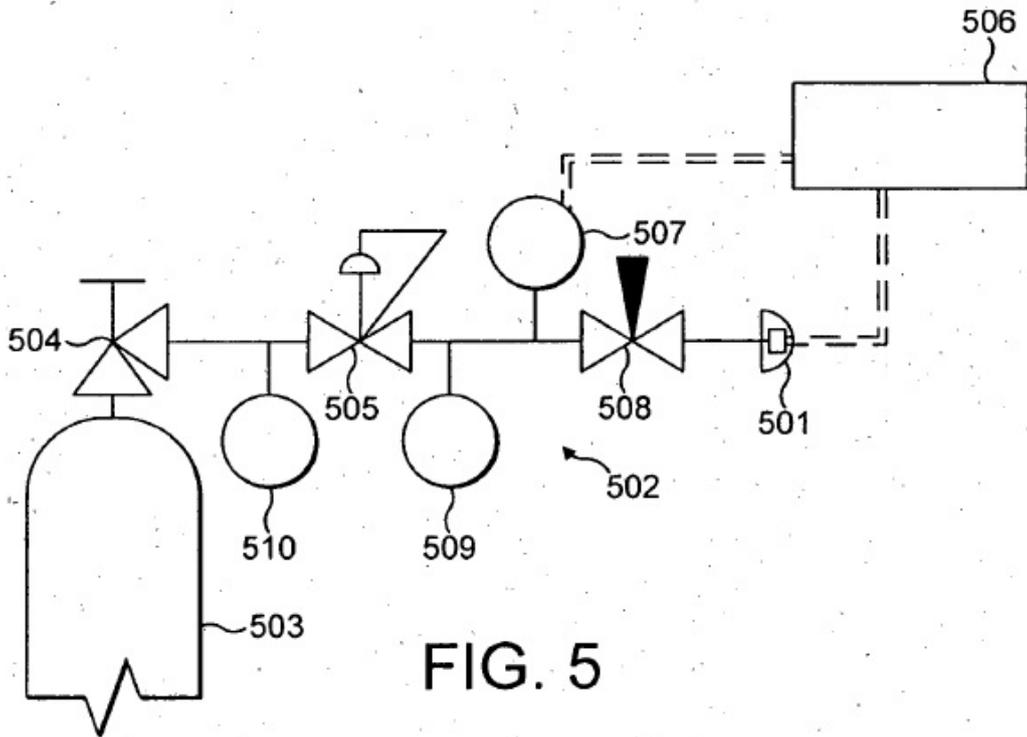


FIG. 5

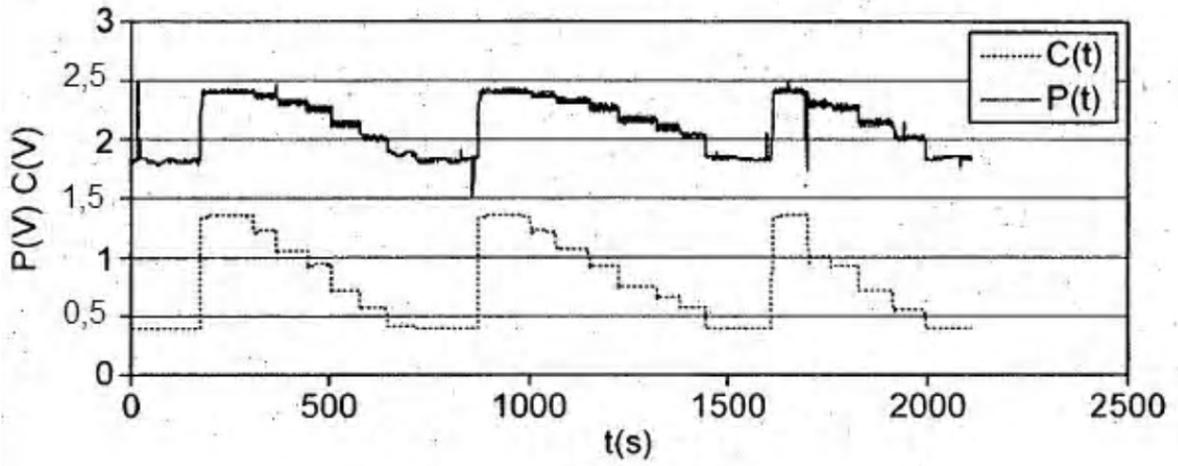


FIG. 6

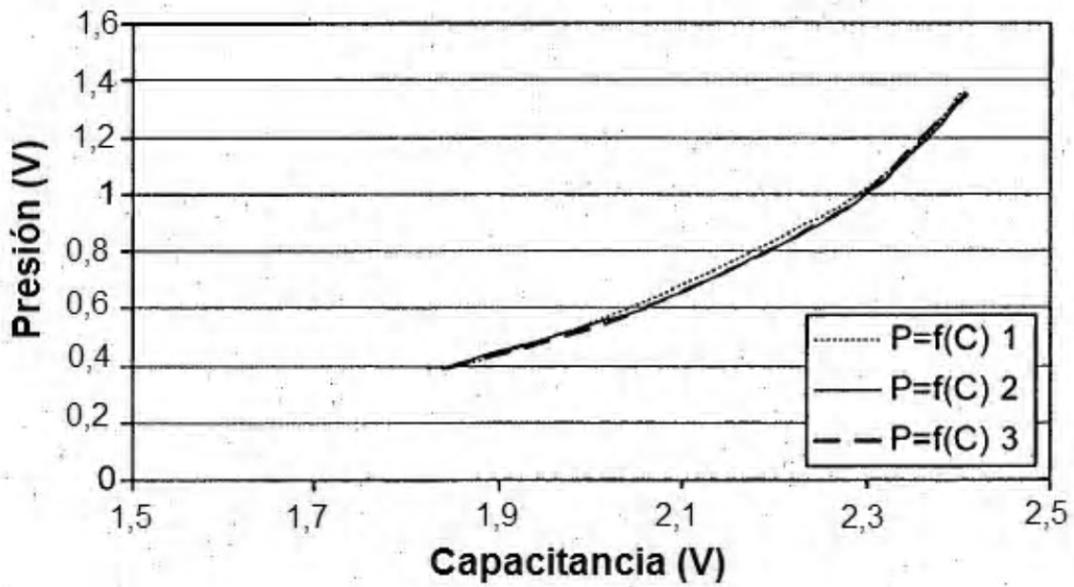


FIG. 7

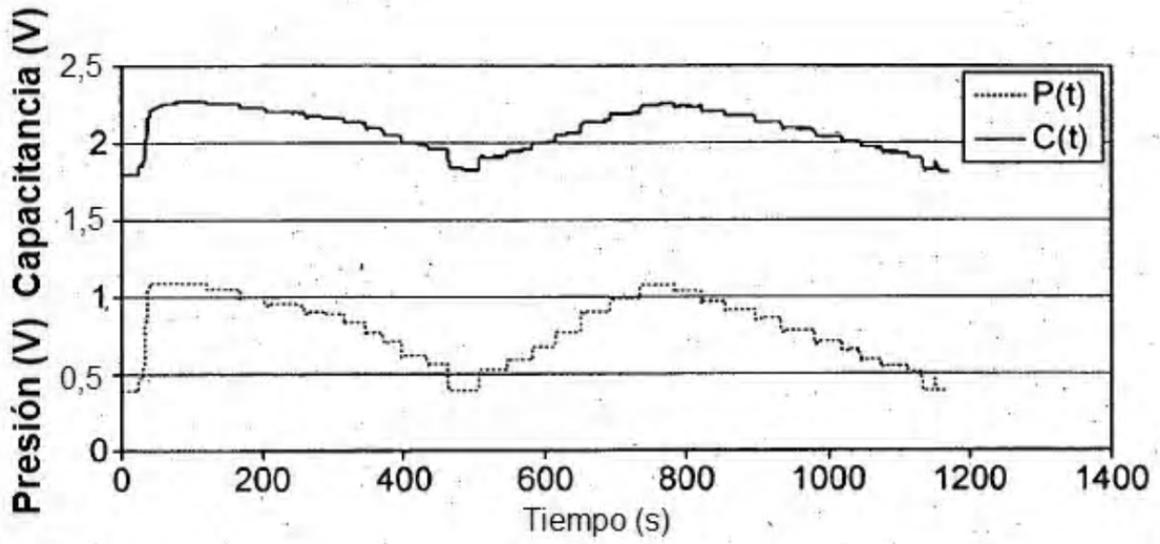


FIG. 8a

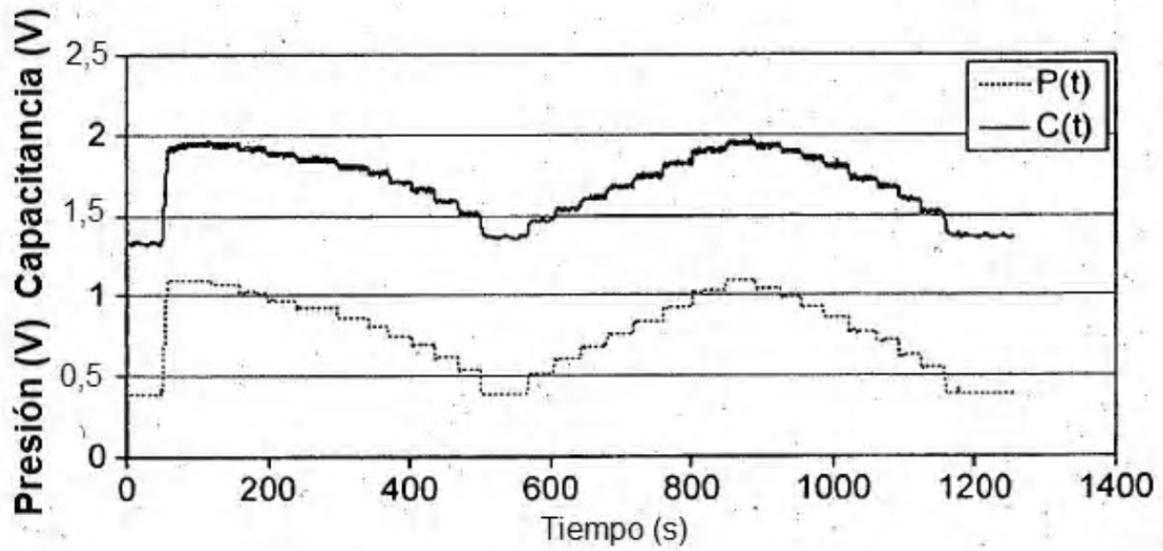


FIG. 8b

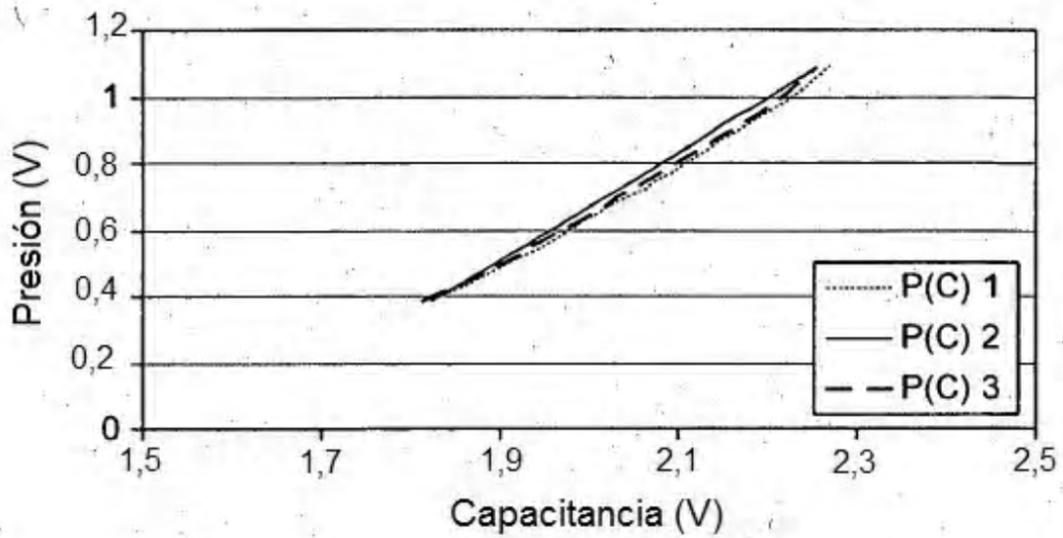


FIG. 9a

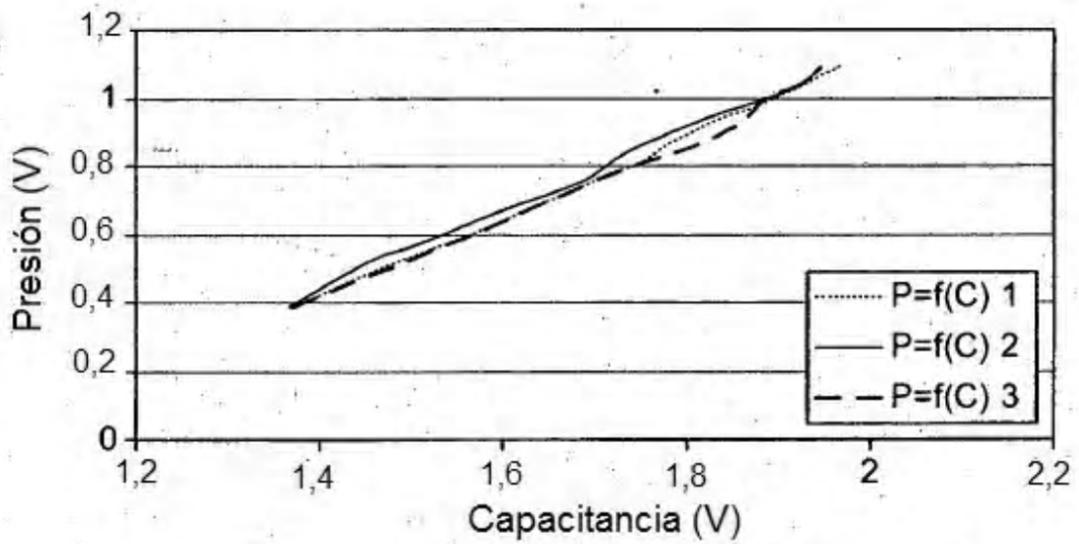


FIG. 9b

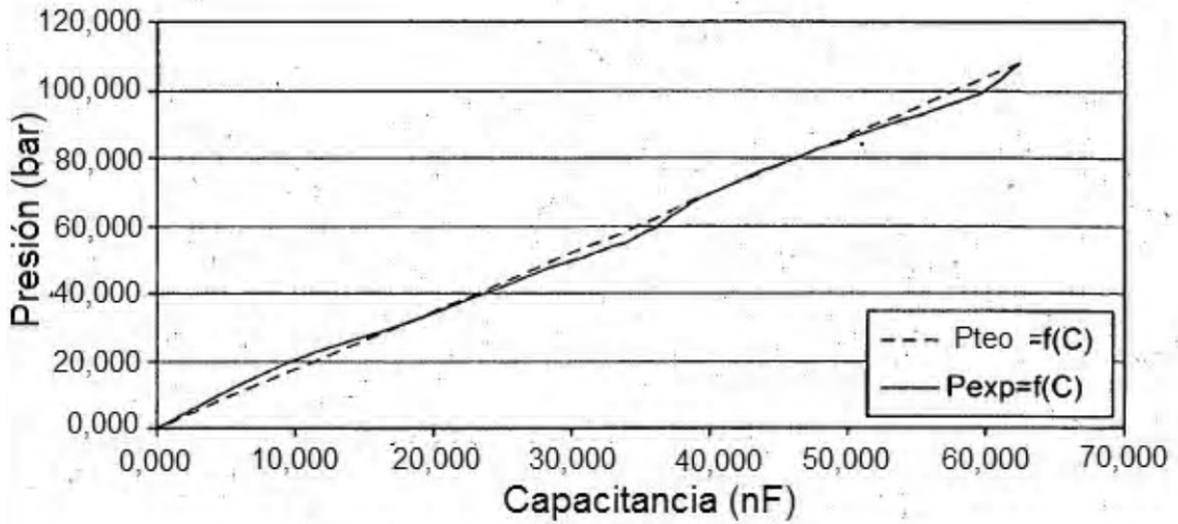


FIG. 10

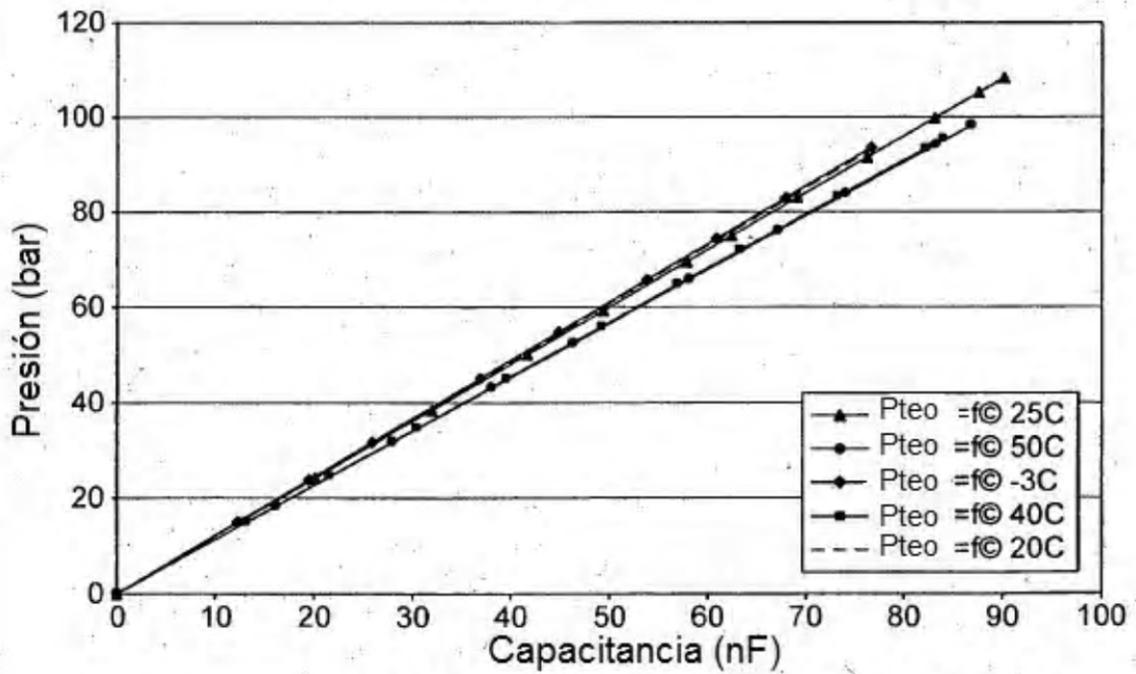


FIG. 11

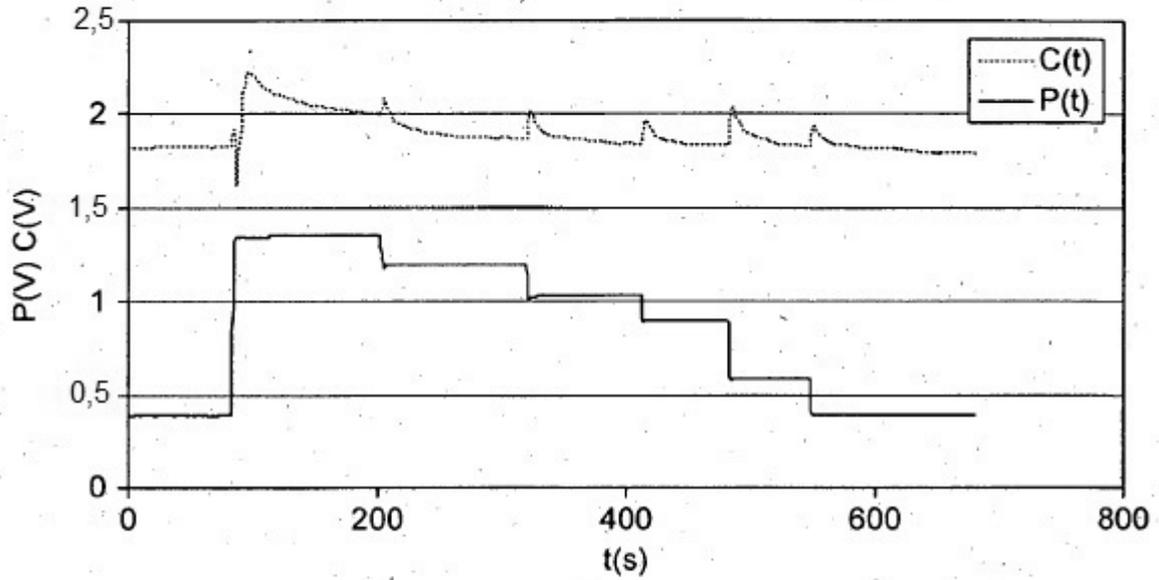


FIG. 12a

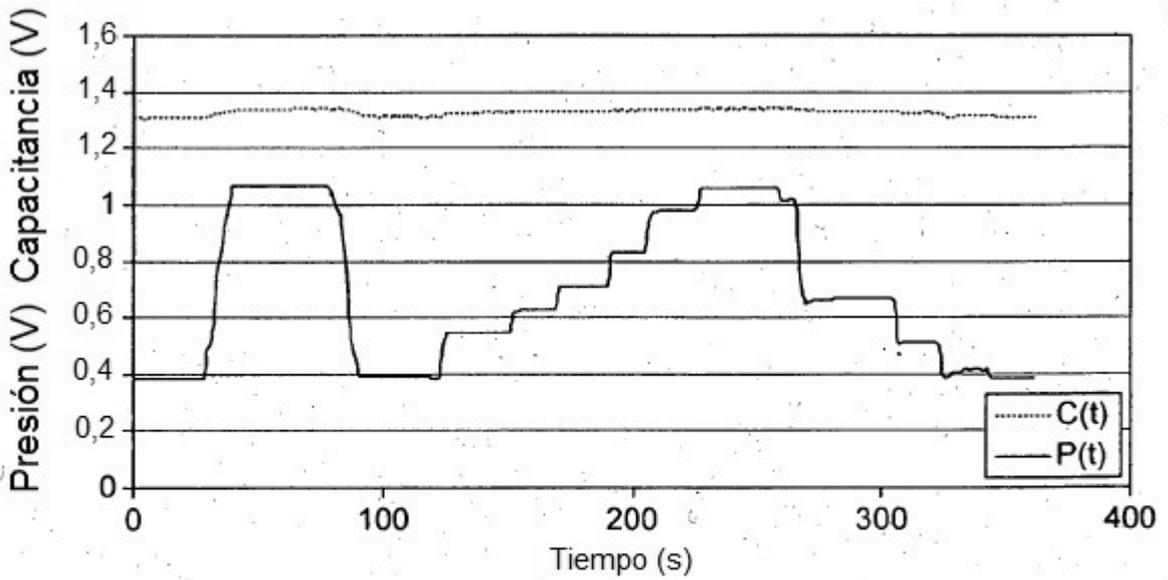


FIG. 12b

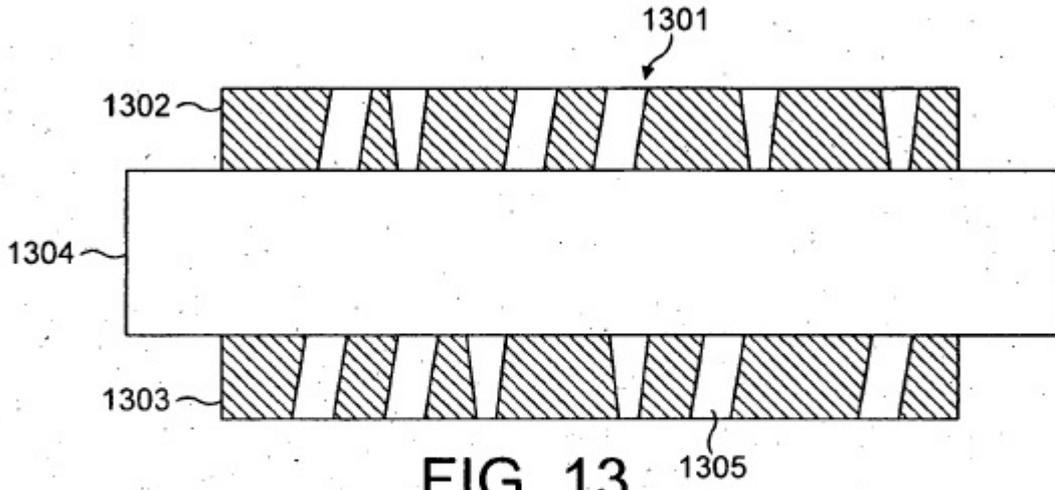


FIG. 13

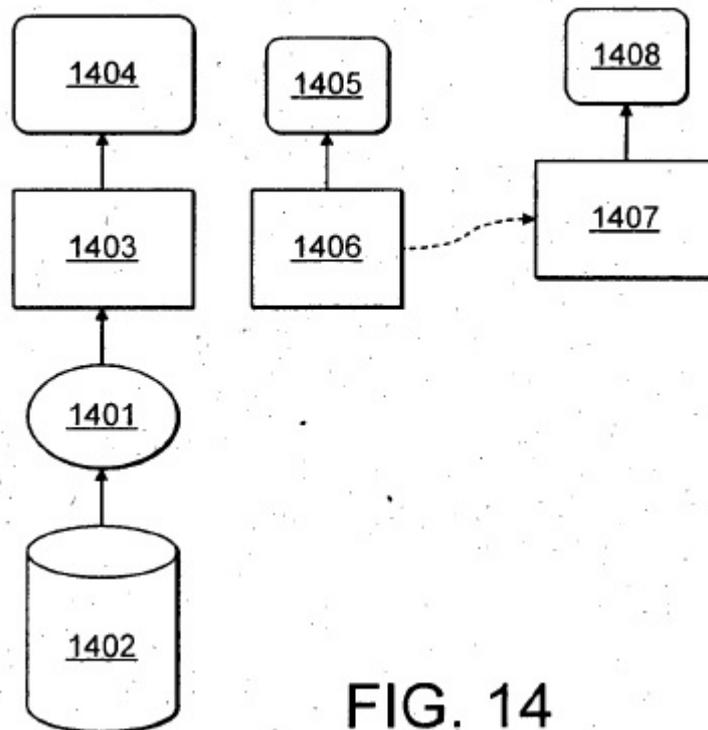


FIG. 14