

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 736 050**

51 Int. Cl.:

G01N 27/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.01.2013 PCT/US2013/022042**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.07.2013 WO13109816**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2013 E 13702542 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 2805154**

54 Título: **Medición de conductividad del tipo contacto de baja conductividad**

30 Prioridad:

20.01.2012 US 201261588934 P
17.01.2013 US 201313743811

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.12.2019

73 Titular/es:

ROSEMOUNT INC. (100.0%)
2400 Barranca Parkway
Irvine CA 92606, US

72 Inventor/es:

REZVANI, BEHZAD y
LOMIBAO, JEFFREY

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 736 050 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

Medición de conductividad del tipo contacto de baja conductividad

Antecedentes

5 Los sistemas de medición de conductividad de líquidos se utilizan para medir la conductividad del agua y las soluciones acuosas o no acuosas en aplicaciones ambientales, médicas, industriales y otros en los que se requiere una indicación del contenido iónico del líquido.

10 La conductividad del líquido se mide en una variedad de contextos para proporcionar un parámetro relativamente económico que a veces se puede relacionar con la concentración iónica en masa. En situaciones en las que un solo tipo de ion está presente, la conductividad puede estar realmente relacionada con la concentración iónica específica. Incluso en situaciones en las que están presentes varios compuestos iónicos diferentes, la medición de la conductividad del líquido en volumen puede proporcionar información muy útil. En consecuencia, ha habido una adopción y utilización generalizada de la medición de conductividad por parte de la industria para una variedad de propósitos diferentes. Dada la variedad de aplicaciones diferentes para tales sistemas, se espera que algunos se empleen para proporcionar mediciones de conductividad para líquidos de baja conductividad, mientras que otros se empleen para proporcionar mediciones de conductividad para líquidos de alta conductividad.

15 Típicamente, los sistemas de medición de conductividad basados en contacto incluyen un sensor de conductividad o celda y un analizador o medidor de conductividad asociado. La figura 1 ilustra un sistema de este tipo. Un medidor de conductividad genera una corriente CA a través de los electrodos de la celda de conductividad. El medidor luego detecta el voltaje resultante entre los electrodos de la celda. Este voltaje es generalmente una función de la conductividad del líquido al que está expuesta la celda.

20 El voltaje entre los electrodos no solo depende de la conductividad de la solución, sino también de la longitud, el área de la superficie y la geometría de los electrodos sensores. La constante de la sonda (también llamada constante del sensor o constante de la celda) es una medida de la respuesta de un sensor a una solución conductora, debido a las dimensiones y la geometría del sensor. Sus unidades son cm^{-1} (longitud dividida por área), y la constante de la sonda necesaria para un rango de conductividad dado se basa en los circuitos de medición del analizador de conductividad en particular. Las constantes de la sonda pueden variar desde $0,01 \text{ cm}^{-1}$ a 50 cm^{-1} y, en general, cuanto mayor sea la conductividad, mayor será la constante de la sonda necesaria.

Sumario

25 De acuerdo con la invención, el problema se resuelve mediante la materia objeto descrita en las reivindicaciones independientes. Otros desarrollos ventajosos de la invención se exponen en las reivindicaciones secundarias.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista esquemática de un sistema de medición de conductividad de tipo contacto.

La figura 2 es una vista esquemática de un sistema de medición de conductividad de tipo de contacto de cuatro electrodos con el que son particularmente útiles las realizaciones de la presente invención.

35 La figura 3A es un gráfico de señales que ilustra la respuesta de voltaje de un sensor de conductividad de tipo contacto cuando se acciona a la frecuencia F1.

La figura 3B es un gráfico de señales que ilustra la respuesta de voltaje de un sensor de conductividad de tipo contacto cuando se acciona a la frecuencia F2.

40 La figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento para determinar un valor de baja conductividad de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

45 Los sensores de conductividad de cuatro electrodos se utilizan normalmente para mediciones de alta conductividad, pero se vuelven excesivamente no lineales a bajas conductividades. Dos de los electrodos se utilizan para conducir una corriente a través del líquido. Los otros dos electrodos se utilizan para detectar el voltaje desarrollado a través del líquido. En general, un sensor de conductividad de cuatro electrodos se conecta a un analizador de conductividad u otro instrumento adecuado a través de un cable multiconductor. Cuando se miden bajas conductividades ($100 \mu\text{S}/\text{cm}$ o menor), la impedancia de la fuente de la solución y la capacitancia del cable distorsionan la forma de onda del voltaje y causan un error significativo en la medición. La distorsión de la forma de onda del voltaje está relacionada con la constante de tiempo formada por la impedancia R de la fuente y la capacitancia C del cable. En algunos casos, se usa una reducción en la frecuencia de medición, de modo que la constante de tiempo formada por RC es mucho menor que el período (T) de la señal. Si bien la reducción de la frecuencia de accionamiento puede reducir tales errores, este enfoque puede no ser adecuado para todas las

aplicaciones. Por ejemplo, reducir la frecuencia de accionamiento puede introducir fuentes adicionales de ruido en entornos con dispositivos de CA de 50/60 Hz significativos u otras fuentes de interferencia de baja frecuencia.

Las realizaciones de la presente invención generalmente proporcionan un procedimiento para proporcionar una medición más precisa del sensor de baja conductividad sin la necesidad de utilizar una frecuencia de accionamiento más baja. Como se usa en este documento, un valor de "baja conductividad" es cualquier valor que sea igual o menor que $100 \mu\text{S}/\text{cm}$. Como se estableció anteriormente, para tales mediciones bajas, la impedancia de la fuente y la capacitancia del cable son fuentes de error significativas. En tales casos, se pueden emplear realizaciones de la presente invención para proporcionar una medición de conductividad más precisa sin emplear una corriente de accionamiento de frecuencia más baja.

La figura 2 es una vista esquemática de un sistema 10 de medición de conductividad de tipo de contacto de cuatro electrodos con el que son particularmente útiles las realizaciones de la presente invención. El sistema 10 incluye un analizador 12 de conductividad acoplado al sensor 14 de conductividad de cuatro electrodos del tipo contacto a través del cable 16. El sensor 14 incluye un par de electrodos 18, 20 que entran en contacto con un líquido. Los electrodos 18, 20 están acoplados a los cables 22, 24 que están conectados a los terminales 26, 28 de medición de voltaje del analizador 12, respectivamente. Los electrodos 18, 20 también están acoplados a los cables 30, 32 que están acoplados a los terminales de accionamiento de corriente 34, 36 del analizador 12 a través del cable 16. Los diversos cables y el cable 16 están modelados eléctricamente en la figura 2 como resistencias y capacitancias. Por ejemplo, a medida que el aislamiento entre los conductores 38 y 40 cambia en el cable 16, la capacitancia del capacitor 42 equivalente cambiará.

En funcionamiento, el analizador 12 accionará una corriente a través de los conductores 38, 40 y, por lo tanto, a través de los electrodos 18, 20. El flujo de corriente a través de la muestra líquida generará un voltaje a través de los electrodos 18, 20 que se mide mediante el analizador 12 en los terminales 26, 28. El voltaje medido está relacionado, por el analizador 12, con la conductividad de la muestra líquida, y se comunica a un usuario o sistema de control. Dicha comunicación puede ser a través de una pantalla local y/o a través de un bucle o segmento de comunicación de proceso. Además, dicha comunicación puede producirse de forma inalámbrica, por ejemplo, al utilizar la comunicación de proceso inalámbrica de acuerdo con un protocolo de comunicación de proceso inalámbrico como el estándar WirelessHART® según lo establecido en IEC 62591. Los ejemplos adecuados del analizador 12 incluyen el vendido bajo la designación comercial Analizador de líquido analítico de dos cables Modelo 1066 disponible en Rosemount Analytical Inc, una compañía de Emerson Process Management, de Irvine California. Sin embargo, se pueden usar otros analizadores adecuados de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

La figura 3A es un gráfico de señales que ilustra la respuesta de voltaje de un sensor de conductividad de tipo contacto cuando se acciona a la frecuencia F1. Cuando se acciona a la frecuencia F1, la corriente de accionamiento se muestra en la traza 50 y la traza de respuesta de voltaje se muestra en el número de referencia 52. Como se indicó, la traza 52 aún no ha alcanzado su valor final antes de los cambios de polaridad del accionamiento debido a la constante de tiempo creada por la impedancia R de fuente y la capacitancia C del cable. Las corrientes de excitación ilustradas en las Figuras 3A y 3B son preferiblemente ondas cuadradas y también preferiblemente pasan la corriente en direcciones opuestas a través de la muestra líquida a través de los electrodos del sensor de conductividad de tipo contacto.

La figura 3B es un gráfico de señales que ilustra la respuesta de voltaje de un sensor de conductividad de tipo contacto cuando se acciona a la frecuencia F2, que es más alta que F1. Cuando se acciona a la frecuencia F2, la corriente de accionamiento se muestra en la traza 54 y la traza de respuesta de voltaje se muestra en el número de referencia 56. Como se indicó, la traza 56 ha alcanzado incluso menos de su valor final, en comparación con la traza 52, antes de los interruptores de polaridad de accionamiento. Sin embargo, el aprovechamiento de las dos respuestas de voltaje permite un cálculo preciso de la conductividad. En una realización, el voltaje corregido (es decir, el voltaje al que llegaría la traza si se le diera suficiente tiempo) se calcula como el voltaje máximo de pico a pico medido u obtenido de otra manera en el trazo 52, indicado en el número de referencia 58 agregado a un valor de corrección. El valor de corrección es igual a una constante (K) multiplicada por la diferencia entre el voltaje pico a pico 58 y el voltaje pico a pico 60. Esta es simplemente una función que puede usarse para proporcionar el voltaje corregido. También se pueden usar otras funciones de acuerdo con realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, se podrían obtener tres mediciones de voltaje en tres frecuencias de excitación distintas y el voltaje corregido se podría determinar a partir de un ajuste de curva exponencial para calcular el valor final de voltaje corregido.

La figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento para determinar un valor de baja conductividad (en o por debajo de $100 \mu\text{S}/\text{cm}$) de acuerdo con una realización de la presente invención. El procedimiento 100 comienza en el bloque 102, en el que se aplica una primera corriente de excitación al sensor de conductividad de contacto. La primera corriente induce un voltaje dentro de la muestra líquida relacionada con la conductividad de la muestra líquida. En el bloque 104, se determina la respuesta de voltaje a través de un par de electrodos de medición del sensor. Esta determinación puede ser simplemente una medida de la máxima tensión pico a pico observada durante la aplicación de la primera corriente de excitación. A continuación, en el bloque 106, se aplica una segunda corriente de excitación a la muestra líquida. La segunda corriente de excitación se aplica a una frecuencia que es más alta

- que la primera corriente de excitación. En el bloque 108, se determina la respuesta de voltaje del sensor de conductividad a la segunda corriente de excitación. A continuación, en el bloque 110, se proporciona una salida de conductividad en función de las respuestas de voltaje primera y segunda. Por ejemplo, la salida de conductividad se puede basar en un voltaje corregido ($V_{\text{CORREGIDO}}$) que es igual a la respuesta de voltaje determinada durante la aplicación de la primera corriente (V_{F1}) de excitación más una constante (K) multiplicada por la diferencia en la primera respuesta (V_{F1}) de voltaje de la segunda respuesta (V_{F2}) de voltaje. Por lo tanto, $(V_{\text{CORREGIDO}}) = (V_{F1}) * K ((V_{F1}) - (V_{F2}))$. Para una mayor precisión aún, una tercera corriente de excitación adicional podría usarse a una frecuencia más alta para determinar una tercera respuesta de voltaje. Las tres respuestas de voltaje podrían entonces ajustarse a una curva exponencial para calcular el valor de conductividad final.
- 5
- 10 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a realizaciones preferidas, los expertos en la materia reconocerán que pueden realizarse cambios en la forma y en los detalles sin apartarse del ámbito de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para medir la baja conductividad de una muestra líquida usando un sensor de conductividad tipo contacto, el procedimiento comprende:
- 5 aplicar una primera corriente de excitación al sensor de conductividad de tipo contacto en una primera frecuencia de accionamiento;
- determinar una primera respuesta de voltaje a la primera corriente de excitación;
- aplicar una segunda corriente de excitación al sensor de conductividad de tipo contacto en una segunda frecuencia de accionamiento diferente a la primera frecuencia de accionamiento;
- determinar una segunda respuesta de voltaje a la segunda corriente de excitación; y
- 10 proporcionar una salida de conductividad basada, en la primera y segunda respuestas de voltaje, en el que la segunda frecuencia de accionamiento es más alta que la primera frecuencia de accionamiento;
- en el que proporcionar una salida de conductividad incluye calcular un valor de corrección para el valor de voltaje corregido final igual a una diferencia entre la primera y la segunda respuesta de voltaje multiplicada por una constante, y en el que la salida de conductividad se calcula sumando la primera respuesta de voltaje
- 15 al valor de corrección;
- en el que la primera respuesta de voltaje es un voltaje máximo pico a pico medido a través del sensor de conductividad durante la aplicación de la primera corriente de excitación;
- en el que la segunda respuesta de voltaje es un voltaje máximo pico a pico medido a través del sensor de conductividad durante la aplicación de la segunda corriente de excitación.
- 20 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la conductividad es igual o inferior a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que al menos una de las corrientes de excitación primera y segunda es una onda cuadrada.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el procedimiento se realiza mediante un analizador.
5. Un sistema para medir la conductividad de un líquido a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ o menos, el sistema comprende:
- 25 un sensor de conductividad de tipo contacto que tiene una pluralidad de electrodos configurados para entrar en contacto con el líquido;
- un analizador acoplado al sensor de conductividad de tipo contacto, el analizador está configurado para:
- aplicar una primera corriente de excitación al sensor de conductividad de tipo contacto en una primera frecuencia de accionamiento;
- 30 determinar una primera respuesta de voltaje del sensor de conductividad de tipo contacto a la primera corriente de excitación;
- aplicar una segunda corriente de excitación al sensor de conductividad de tipo contacto en una segunda frecuencia de accionamiento diferente a la primera frecuencia de accionamiento;
- determinar una segunda respuesta de voltaje a la segunda corriente de excitación; y
- 35 proporcionar una salida de conductividad basada en la primera y segunda respuestas de voltaje;
- en el que la segunda frecuencia de accionamiento es más alta que la primera frecuencia de accionamiento;
- en el que proporcionar una salida de conductividad incluye calcular un valor de corrección para el valor de voltaje corregido final igual a una diferencia entre la primera y la segunda respuesta de voltaje multiplicada por una constante, y en el que la salida de conductividad se calcula sumando la primera
- 40 respuesta de voltaje al valor de corrección;
- en el que la primera respuesta de voltaje es un voltaje máximo de pico a pico medido a través del sensor de conductividad durante la aplicación de la primera corriente de excitación;
- en el que la segunda respuesta de voltaje es un voltaje máximo de pico a pico medido a través del sensor de conductividad durante la aplicación de la segunda corriente de excitación.
- 45

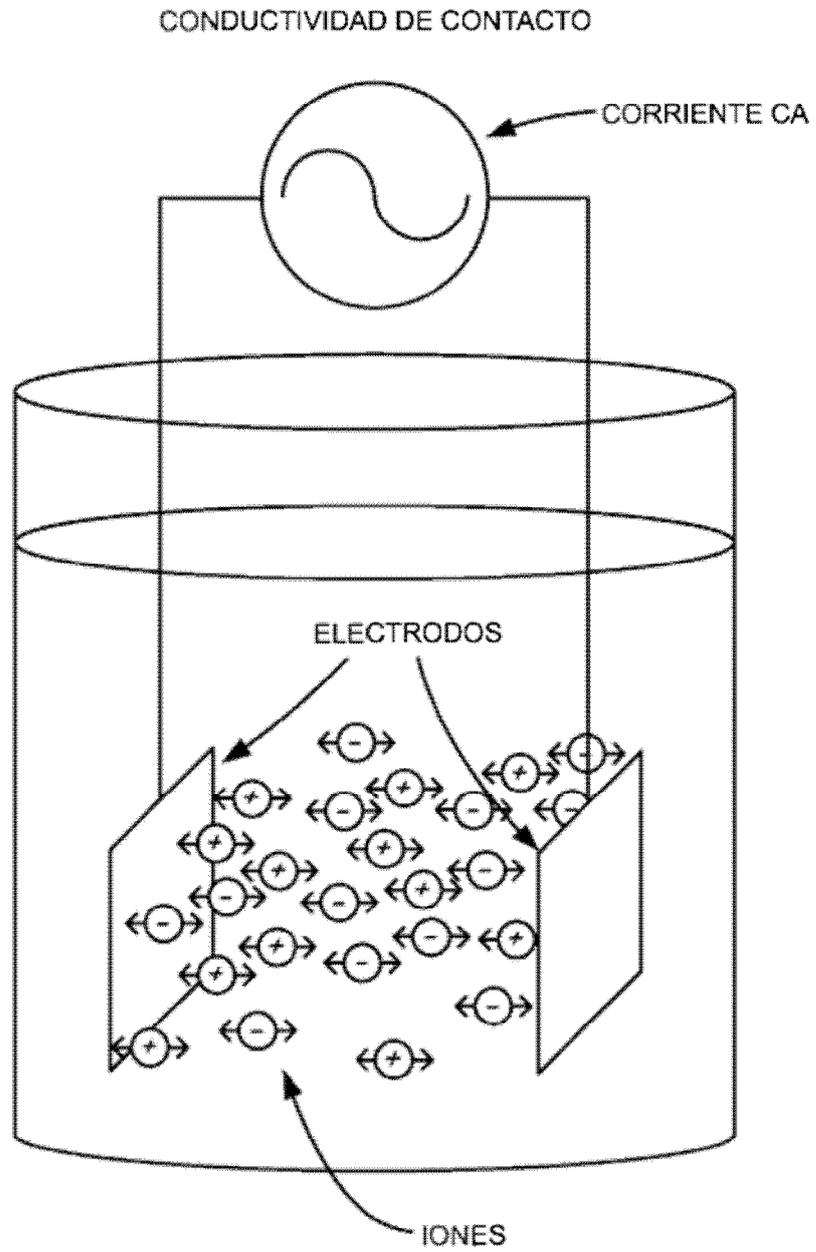


Fig. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

10

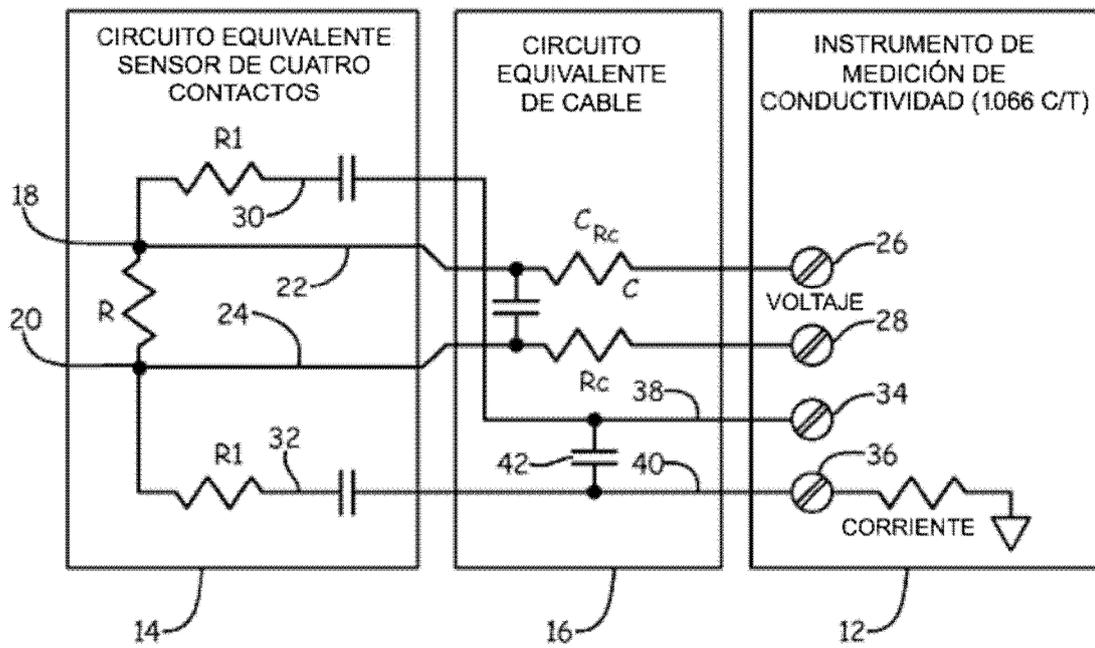
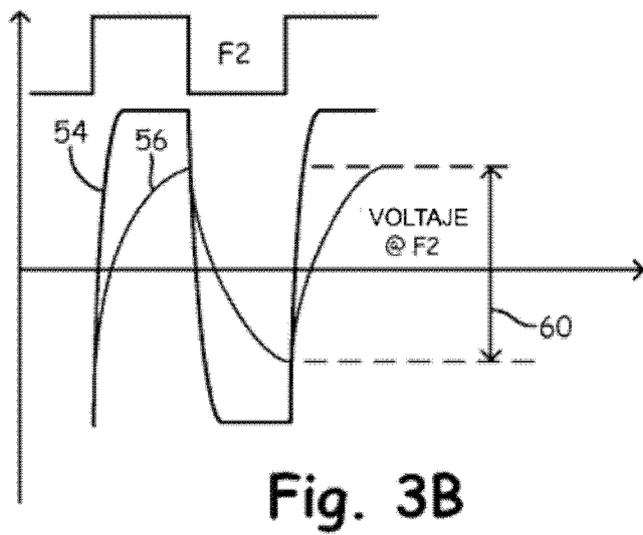
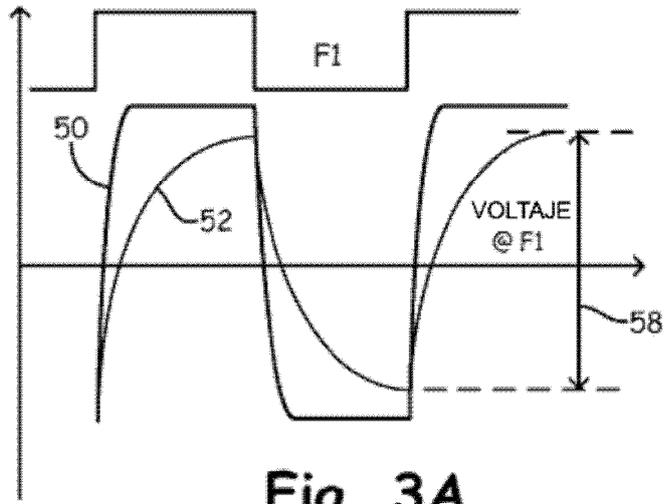


Fig. 2



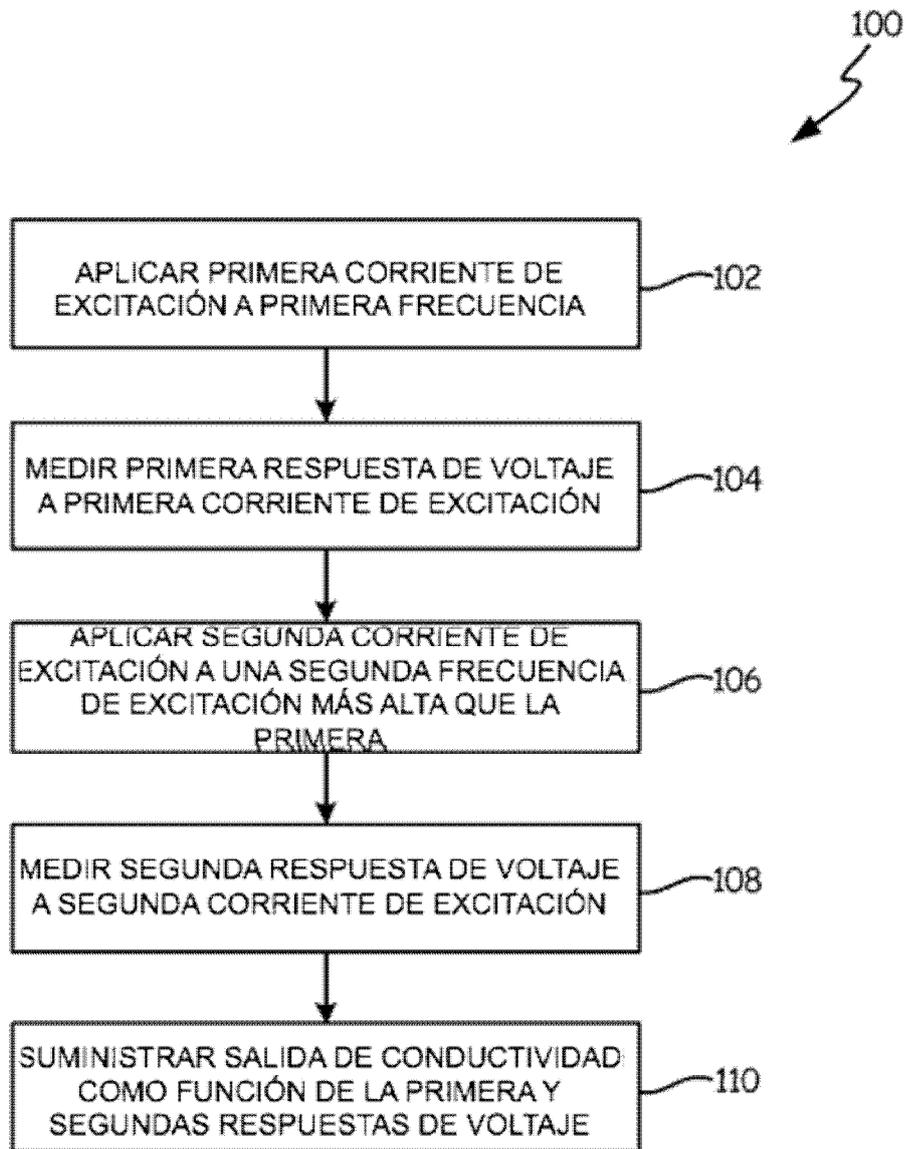


Fig. 4