

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 690**

51 Int. Cl.:

G01J 5/52 (2006.01)

G01K 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07009809 .0**

96 Fecha de presentación: **16.05.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1857797**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.11.2007**

54 Título: **Calibración de un termómetro de radiación**

30 Prioridad:
19.05.2006 US 419360

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.05.2012

73 Titular/es:
**COVIDIEN AG
VICTOR VON BRUNS-STRASSE 19
8212 NEUHAUSEN AM RHEINFALL, CH**

72 Inventor/es:
Price, Jeffrey E.

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 380 690 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

Calibración de un termómetro de radiación

CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 La invención presente trata en general de un sistema de calibración para calibrar termómetros electrónicos. Más específicamente, la invención presente trata de calibrar un sensor de temperatura de referencia (por ejemplo una resistencia variable con la temperatura) y un sensor de temperatura primario (por ejemplo, una pila térmica) dentro de un termómetro de tímpano.

ANTECEDENTES

10 El diagnóstico y tratamiento de muchas dolencias del cuerpo depende de una lectura precisa de la temperatura interna o corporal de una lectura de temperatura del cuerpo del paciente, y en algunas circunstancias, de la comparación con una temperatura del cuerpo previa. Durante muchos años, la manera más común de tomar la temperatura de un paciente implicaba la utilización de termómetros de mercurio. Sin embargo, tales termómetros son susceptibles de romperse y deben ser introducidos y mantenidos en el recto o en la boca durante muchos minutos, causando con frecuencia incomodidad al paciente.

15 Debido a los inconvenientes de los termómetros de mercurio convencionales, se desarrollaron termómetros electrónicos que en la actualidad se utilizan ampliamente. Aunque los termómetros electrónicos proporcionan lecturas de temperatura relativamente más precisas que los termómetros de mercurio, comparten sin embargo muchos de los mismos inconvenientes. Por ejemplo, incluso aunque los termómetros electrónicos proporcionan lectura más rápidamente, debe pasar algún tiempo aún antes de que se pueda tomar una lectura precisa. Más aún, los termómetros electrónicos todavía deben ser introducidos en la boca del paciente, en el recto o en la axila.

20 Los termómetros de tímpano, aquellos termómetros que miden la emisión infrarroja de la membrana del tímpano, proporcionan lecturas casi instantáneas de la temperatura del cuerpo sin los retardos de otros termómetros. El termómetro de tímpano está considerado generalmente por la comunidad médica como superior a la toma de temperatura del paciente oral, rectal o en la axila y de respuesta más rápida a los cambios en la temperatura del cuerpo.

25 Los termómetros de tímpano convencionales incluyen típicamente dos sensores. Un sensor es un sensor de temperatura primario para medir la temperatura de la membrana del tímpano. En un termómetro de tímpano convencional, el primer sensor de temperatura es un sensor infrarrojo, como por ejemplo una pila térmica. La pila térmica está adaptada para medir la radiación emitida por la membrana del tímpano para determinar la temperatura de la membrana, sin entrar en contacto con la membrana. El otro sensor es un sensor de temperatura de referencia para medir la temperatura del primer sensor de temperatura, o pila térmica. En un termómetro de tímpano convencional, el sensor de temperatura de referencia es una resistencia variable con la temperatura, como por ejemplo un termistor o una resistencia de polisilicio, montada en la unión fría de la pila térmica. Gracias a que la respuesta de la pila térmica depende de la temperatura de la propia pila térmica, la temperatura ambiente de la resistencia se puede utilizar para estimar la temperatura de la pila térmica para compensar la dependencia de la temperatura de la pila térmica.

30 Los termómetros convencionales con termistores como sensores de referencia son conocidos por el documento US 5,293,877 ó el documento US 6,179,785 B1.

35 Típicamente, los termómetros de tímpano requieren calibración en la fabrica durante la fabricación al objeto de conseguir la lectura de temperatura rápida y precisa que se ha comentado anteriormente. La calibración del termómetro de tímpano en la fabrica requiere la calibración individual de cada unidad de termómetro de manera que los parámetros de calibración adecuados de cada termómetro individual puedan ser escritos en la memoria (por ejemplo, EEPROM) de cada microprocesador del termómetro. Estos parámetros de calibración implican determinar los valore adecuados para las variables que representan los sensores de cada termómetro y cualesquiera parámetros relacionados con el sistema óptico, como por ejemplo la geometría del sensor de temperatura primario con respecto al canal del oído y a la carcasa del dispositivo. Una vez que estos parámetros de calibración son determinados y escrito en la memoria de cada termómetro, la calibración está completa y la unidad es preparada para su venta. Desafortunadamente, las técnicas conocidas para calibrar los termómetros de tímpano fallan al considerar las diferencias (por ejemplo, las diferencias de fabricación) en el sensor de temperatura de referencia y asumen que cada uno de los sensores de temperatura de referencia responden de la misma manera a una entrada dada. Otras técnicas conocidas pueden confiar también en la calibración del sensor de temperatura primario para proporcionar datos suficientemente precisos para extraer los parámetros del sensor de temperatura de referencia. Algunos aspectos de la invención presente incluyen un proceso de calibración mediante el cual tanto el sensor de temperatura de referencia como el sensor de temperatura primario se calibran.

40 Adicionalmente, los métodos convencionales para calibrar a menudo utilizan un baño de agua de temperatura controlada para controlar la temperatura del termómetro, o de sus componentes, durante la calibración. Debido a que el agua es un conductor de la electricidad, el termómetro o sus componentes se colocan típicamente en una

5 bolsa antes de ser sumergidos en el baño de agua. La bolsa actúa como una barrera para bloquear el contacto del agua con el termómetro o con los componentes del termómetro mientras está sumergido en el baño. Utilizar tal bolsa crea varias preocupaciones, incluyendo los pasos adicionales de cargar la bolsa y vaciar la bolsa, las posibles fugas de la bolsa, la condensación dentro de la bolsa, una separación de aire entre la bolsa y el termómetro o componentes del termómetro, e incrementa el tiempo de calibración debido al control de la temperatura de la bolsa y de la separación de aire. Algunos aspectos de las realizaciones de la invención presente invocan un proceso mediante el cual se evita el uso de tales bolsas.

SUMARIO

10 Los problemas mencionados anteriormente se resuelven mediante el método de la Reivindicación 1. El sumario simplificado que sigue proporciona una visión básica de algunos aspectos de la presente tecnología. Este sumario no es una revisión extensiva. No tiene la intención de identificar elementos claves o críticos o delinear el enfoque de esta tecnología. Este sumario no está pensado para ser utilizado como una ayuda en la determinación del objeto de las materias sujeto de las reivindicaciones. Su propósito es presentar algunos conceptos simplificados relacionados con la tecnología antes de la descripción más detallada que se presenta a continuación.

15 De acuerdo con lo anterior, se describe un método para calibrar un sensor de temperatura de referencia de un termómetro. Se describe también un método para calibrar un sensor de temperatura de referencia de un termómetro y un sensor de temperatura primaria en base a la calibración del sensor de temperatura de referencia. Proporcionando un líquido que no sea conductor de la electricidad para la calibración, los aspectos de las realizaciones de la invención pueden facilitar el proceso de calibración.

20 BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama de bloques simplificado de los componentes de un termómetro de la invención presente;

La Figura 2 es un diagrama de flujo de un método de una realización de la invención presente;

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un método de otra realización de la invención presente; y

La Figura 4 es un diagrama de un aparato de calibración de la invención presente.

25 Los caracteres de referencia correspondientes indican las partes correspondientes de los diferentes dibujos.

DESCRIPCION DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

30 La Figura 1 ilustra los componentes de un termómetro de radiación típico, como por ejemplo un termómetro para el tímpano, o en general, un dispositivo de temperatura electrónico. El termómetro, indicado de manera general por 21, comprende una unidad sensora 25, o sensor encapsulado, para determinar una temperatura de un objetivo. En la realización mostrada, la unidad sensora 25 comunica con una unidad central de proceso 31 (CPU) a través de un cable flexible 35. La CPU 31 y la unidad sensora 25 pueden comunicar alternativamente mediante otros tipos de enlace de comunicación, como por ejemplo mediante un enlace de comunicación inalámbrico, utilizando varios formatos de señal, por ejemplo analógico o digital.

35 La unidad sensora 25 comprende un sensor de temperatura primario 41 para medir la temperatura del objetivo (esto es, la temperatura objetivo). En un ejemplo, el sensor de temperatura primario 41 comprende una pila térmica 45. La pila térmica puede ser utilizada para determinar la temperatura de una membrana del tímpano objetivo (esto es, del tímpano), por ejemplo, para determinar la temperatura del cuerpo de un animal, como por ejemplo un ser humano. Por ejemplo, véase la Solicitud de Patente de los Estados Unidos co-pendiente, de propiedad común, número de serie 10/480,428, presentada el 10 de diciembre de 2003, titulada "Thermal Tympanic Thermometer Tip", y publicada el 2 de diciembre de 2004 como US2004-0240516 A1. Los objetivos distintos de la membrana timpánica se consideran también dentro del alcance de la invención reivindicada. Los dispositivos sensores de temperatura diferentes de las pilas térmicas 45 también están incluidos dentro del objeto de la invención presente. Por ejemplo, el sensor de temperatura primario 41 puede ser un dispositivo que convierte la energía radiada en cualquier otra forma medible. Esta puede ser una corriente eléctrica o un cambio en alguna propiedad física del detector. Por ejemplo, 45 bolómetros, sensores piroeléctricos (PIR), y tubos foto multiplicadores (PMT), entre otros, están contemplados dentro del objeto de la invención presente.

50 El termómetro 21 comprende adicionalmente un sensor de temperatura de referencia 51. En un ejemplo, el sensor de temperatura de referencia 51 está situado proximal al sensor de temperatura primaria 41 y es sensible a una temperatura extraña que afecta al sensor de temperatura primario. Se contempla muchos tipos de sensores de temperatura dentro del objeto de la invención presente. Por ejemplo, el sensor de temperatura de referencia 51 puede ser una resistencia variable con la temperatura, como por ejemplo una resistencia de polisilicio, o una resistencia de coeficiente de temperatura negativa (NTC), o una resistencia de coeficiente de temperatura positiva (PTC). En un ejemplo, la resistencia dependiente de la temperatura 51 es una resistencia de polisilicio, como por ejemplo la resistencia de polisilicio Dexter ST60, suministrada por Dexter Research Center, Inc, de Dexter, Michigan. 55 La resistencia variable con la temperatura 51 puede estar embebida en el sensor de temperatura primario 41, o pila

térmica (como por ejemplo dentro o fuera del sensor encapsulado 25 de la pila térmica), de manera que la temperatura de la resistencia variable con la temperatura siga fielmente la temperatura de la unión fría de la pila térmica.

5 En la realización mostrada en la Figura 1, tanto la pila térmica 41 como la resistencia variable con la temperatura 51 comunican con la CPU 31 mediante los cables respectivos 55. La pila térmica 41 comunica a través de un canal con un convertidor Analógico / Digital 59A para medir una salida de voltaje diferencial de la pila térmica. La resistencia variable con la temperatura 51 comunica a través de un canal sencillo con un único convertidor Analógico / Digital 59B para medir, o leer, la resistencia de salida de la resistencia variable con la temperatura. Como puede ser comprendido por alguien versado en la técnica, y que no será descrito con más detalla aquí, los convertidores analógico / Digital 59 convierten las señales respectivas de la pila térmica 41 y de la resistencia 51 en forma digital a la CPU 31 para su proceso posterior. Otros dispositivos de acondicionamiento de la señal y / o software pueden ser incluidos dentro del termómetro 21, como por ejemplo un acondicionador de ganancia, un filtro pasa – banda, una memoria apilable, entre otros, como podrá ser comprendido por alguien versado en la técnica.

10 La CPU 31 comprende además un componentes de memoria, indicado en general por 63, para almacenar datos, como por ejemplo los coeficientes de calibración que se discutirán con detalle más adelante. En el ejemplo mostrado, el componente de memoria está dividido en tres partes: un componente de memoria flash de solo lectura (ROM) 67 para almacenar el código, un componente flash de retención de coeficientes 71 para almacenar los coeficientes, y un componente de coeficientes de memoria de acceso aleatorio (RAM) 75 utilizado como memoria de trabajo. Otros componentes de memoria pueden ser añadidos sin separarse del objeto de la invención presente. La CPU 31 comprende además un componente de software 81 para almacenar instrucciones para la operación del termómetro 21 por la CPU 31. En un ejemplo, este componente de software 81 está almacenado en el componente de memoria ROM 67.

MÉTODOS

25 En referencia ahora a la Figura 2, se indica generalmente como 101 un método para calibrar un termómetro 21. La calibración de dichos termómetros 21 es importante para asegurar unas lecturas de temperatura precisas. Tales calibraciones pueden tener lugar durante la fabricación inicial del termómetro 21 o como parte de un proceso de recalibración, como por ejemplo tras algunos usos del termómetro. En un ejemplo, la precisión requerida del termómetro 21 es $\pm 0,1$ grados C ($\pm 0,2$ grados F), de manera que la precisión del proceso de calibración pueda ser mejorada hasta una tolerancia más pequeña (por ejemplo, $\pm 0,01$ grados C ($\pm 0,02$ grados F)), dado que otras incertidumbre de las medidas y del proceso se sumarán a este error. Mediante la calibración del termómetro 21 hasta una tolerancia más pequeña, tales incertidumbre de las medidas y del proceso no deben hacer que el termómetro opere fuera de esta precisión deseada, mejorando de esta manera la precisión del termómetro. Se pueden utilizar otras tolerancias sin separarse del objeto de las realizaciones de la invención.

30 El método 101 para calibrar el sensor de temperatura de referencia 51 comprende múltiples operaciones. En particular, el método 101 comprende controlar, en 105, la temperatura del sensor de temperatura de referencia 51 (por ejemplo, una resistencia variable con la temperatura) hasta un primer de temperatura. En un ejemplo, controlar la temperatura 105 comprende sumergir, o colocar, el sensor de temperatura de referencia 51 en un baño de líquido de temperatura controlada. En otro ejemplo, que es el objeto de la discusión que sigue, controla la temperatura q05 comprende sumergir el termómetro 21, o al menos una parte del mismo, en el baño de líquido de temperatura controlada. El termómetro 21, y por lo tanto el sensor de temperatura de referencia 51, puede estar protegido de la exposición al líquido del baño colocando el sensor de temperatura referencia en una bolsa estanca antes de sumergir el sensor de temperatura de referencia en el baño. Se contemplan también dentro del objeto de la invención presente otros medios para proteger el termómetro 21, el sensor de temperatura de referencia 51, u otros componentes del termómetro.

35 Alternativamente, el líquido utilizado en el baño puede ser un líquido no conductor de la electricidad, de manera que ya no sea necesaria la bolsa de protección que forma una barrera al líquido. Tal como se utiliza aquí, el término “no conductor de la electricidad” significa con alta resistencia al paso de la electricidad. No se requiere una ausencia completa de cualquier conductividad eléctrica medible. Más bien, un líquido no conductor de la electricidad es un líquido con una resistencia adecuada a la conductividad eléctrica para no tener efectos adversos cuando los componentes electrónicos se sumergen en el líquido. Así, con un líquido no conductor de la electricidad, el termómetro 21, el sensor de temperatura de referencia 51, u otros componentes del termómetro pueden ser colocados directamente en el líquido, libre de barreras al líquido entre el sensor de temperatura y el líquido no conductor de la electricidad. Se permite que el líquido no conductor de la electricidad entre en contacto con un componente conductor de la electricidad del sensor de temperatura, como por ejemplo una tarjeta de circuito impreso (PCB), sin que sea una preocupación que la conductividad del líquido afecte a la tarjeta de circuito impreso PCB a la que está conectado el sensor de temperatura de referencia.

40 En una referencia breve a la Figura 4, se muestra un aparato de calibración, indicado generalmente por 85, adaptado para utilizar un líquido no conductor de la electricidad para calibrar de acuerdo con el método presente. El aparato de calibración 85 comprende un contenedor 87 adaptado para recibir termómetro 21. Como puede ser fácilmente comprendido por alguien versado en la técnica, el contenedor 87 del aparato de calibración 85 puede ser

adaptado para recibir otros objetos, como por ejemplo sensores de temperatura de referencia 51 sueltos u otros dispositivos electrónicos. El contenedor 87 recibe un líquido no conductor de la electricidad 91, que puede ser mantenido fácilmente a una temperatura de consigna mediante un regulador de temperatura 95 asociado al aparato de calibración 85. Como se describe en la Figura 4, el contenedor 87 y el líquido no conductor de la electricidad 91 cooperan para formar un baño no conductor de la electricidad adaptado para recibir los termómetros 21 en el líquido no conductor de la electricidad para mantener los termómetros a la misma temperatura que el líquido no conductor de electricidad. Como puede ser comprendido fácilmente por alguien versado en la técnica, todo o parte de cada termómetro 21 puede ser sumergida en el líquido no conductor de la electricidad 91. En el ejemplo de la Figura 4, el termómetro 21' está sumergido solo parcialmente en el líquido no conductor de la electricidad 91, mientras que el termómetro 21 está totalmente sumergido en el líquido no conductor de la electricidad. Más aún, el contenedor 87 puede estar adaptado para recibir dos ó más termómetros 21, como por ejemplo los cuatro termómetros dibujados en la Figura 4. Adicionalmente, diferentes termómetros 21 (por ejemplo, tamaños diferentes, modelos diferentes, configuraciones diferentes, etc.) pueden utilizar el mismo aparato de calibración 85. El aparato 85 comprende además una fijación 97 adaptada para cargar y descargar dos de los termómetros 21 en y del líquido no conductor de la electricidad 91. El aparato 85 puede incluir cualquier número y tipo de tales fijaciones para cargar y descargar sin separarse del objeto de las realizaciones de la presente invención.

Utilizar un líquido no conductor de la electricidad 91 con el aparato de calibración 85 proporciona muchos cambios en el método de calibración 101, en comparación con la utilización de una bolsa para proteger los termómetros 21 de un líquido conductor, como por ejemplo agua. Con un líquido conductor, el termómetro 21 debe ser colocado en una bolsa antes de la inmersión en el baño, y debe ser retirado de la bolsa tras la inmersión en el baño. Estos pasos de colocar y retirar consumen tiempo y no son necesarios con un líquido no conductor de la electricidad, debido a que un líquido no conductor de la electricidad puede entrar en contacto directamente con el termómetro 21, con otros dispositivos electrónicos, sin efectos adversos. Por lo tanto, los termómetros 21 pueden ser cargados directamente y descargados de un líquido no conductor de la electricidad 91 con el soporte 97. Más aún, tales bolsas pueden tener fugas, permitiendo que los termómetros 21 entren en contacto con el agua conductora. Adicionalmente, en un ambiente húmedo se puede formar condensación de agua en el interior de la bolsa junto al termómetro 21, permitiendo de esta manera que el termómetro entre en contacto con el agua conductora. Además, durante la inmersión en tal bolsa, permanecerá un espacio de aire entre la bolsa y los termómetros 21, lo que puede afectar de manera adversa a la temperatura medida e incrementar el tiempo necesario para obtener una temperatura estable del termómetro. Adicionalmente, el tiempo de calibración se alargará con la bolsa porque tanto la bolsa como el espacio de aire debe ser calentado hasta la temperatura adecuada, además del termómetro 21. Por el contrario, con un líquido no conductor de la electricidad 91, únicamente la temperatura del termómetro 21 en sí misma se debe controlar mediante el baño.

Como será fácilmente comprendido por alguien versado en la técnica, cualquier tipo de líquido no conductor de la electricidad 91 puede ser utilizado sin separarse del alcance de las realizaciones de la invención. Por ejemplo, un perfluoropoliéter (PFPE) líquido de bajo peso molecular puede ser utilizado como líquido no conductor de la electricidad 91. Más específicamente, un 1,1,2,3,3,3 - hexafluoruro propeno oxidado, y polimerizado, puede ser utilizado también como líquido no conductor de la electricidad 91. Se pueden considerar otras características del líquido no conductor de la electricidad 91 (por ejemplo, la claridad del líquido, opacidad, transparencia, capacidad de corrosión, toxicidad, y viscosidad, entre otros), cuando se selecciona un líquido no conductor de la electricidad apropiado.

De vuelta al método 101, el controlador 105 puede controlar virtualmente cualquier temperatura, como por ejemplo 10 grados C (50 grados F), por ejemplo. En este ejemplo, el sensor de temperatura de referencia 51 del termómetro 21 comunica con el usuario o con el aparato que está calibrando el sensor de temperatura de referencia a través de un enlace de comunicaciones, como por ejemplo un cable 98, conectado al sensor de temperatura de referencia. Se contemplan también otros tipos de enlace de comunicaciones, como por ejemplo un enlace de comunicaciones inalámbrico 99, como dentro del ámbito de la invención presente. Más aún, el termómetro 21 no necesita comunicar mientras está en el baño, sino que puede almacenar los valores experimentales obtenidos mientras en el baño para ser utilizados en la calibración del termómetro.

En otro ejemplo aplicable tanto a la realización con líquido conductor como a la realización con líquido no conductor de la electricidad, la operación de control 105 puede comprender controlar la temperatura del baño dentro de un rango de entre aproximadamente $\pm 0,005$ grados C ($\pm 0,009$ grados F) hasta aproximadamente $\pm 0,01$ grados C ($\pm 0,018$ grados F) de la temperatura del baño deseada. Este nivel de control asegura que tanto el baño como el termómetro 21 se mantienen a una temperatura precisa adecuada para la calibración. En otro ejemplo, la temperatura puede ser controlada además manteniendo, en 109, el termómetro 21 en un baño de temperatura controlada durante un período de entre aproximadamente 15 minutos y aproximadamente 30 minutos antes de medir sus características. Los períodos de tiempo más largos en el baño ayudan a asegurar que la temperatura del termómetro 21 ha tenido tiempo suficiente para equilibrarse con la temperatura del baño.

En otro ejemplo aplicable tanto a la realización con líquido conductor como a la realización con líquido no conductor de la electricidad, el método puede comprender además mantener el termómetro 21 en el baño de temperatura controlada hasta que las características medidas del sensor de temperatura de referencia 51 cambien menos de un 0,1 % en al menos un minuto. Observando los cambios en las características medidas a lo largo del tiempo, el punto

5 preciso en el que el sensor de temperatura de referencia 51 se equilibra con el baño puede ser determinado. Así, cualquier operación que comience en este punto en el método puede ser ejecutada inmediatamente, sin tiempo adicional innecesario en el baño más allá del punto de equilibrio. Como puede ser comprendido por alguien versado en la técnica, se pueden utilizar uno ó más de estos métodos de ejemplo para determinar cuando el sensor de temperatura de referencia 51 está a la temperatura adecuada, en combinación, sin separarse del ámbito de la invención reivindicada.

10 El método comprende además medir, en 115, o leer, una característica del sensor de temperatura de referencia 51 a un primer valor de temperatura. En este ejemplo en el que el sensor de temperatura de referencia 51 es una resistencia variable con la temperatura, la medida comprende medir una resistencia de la resistencia variable con la temperatura. Estas características medidas (por ejemplo, resistencias), puede ser almacenada en una memoria (por ejemplo, una memoria no volátil con las descritas anteriormente) para su uso posterior en el proceso de calibración. En un ejemplo, los datos almacenados pueden ser descargados a continuación de la memoria a un ordenador para resolver la ecuación o ecuaciones de calibración para los coeficientes de calibración. Tras la operación de control 105 y la operación de medida 115, el método puede comprender además repetir, en 121, la operación de control y la operación de medida para al menos otro valor de temperatura diferente del primer valor de temperatura. En un ejemplo, la operación de repetición 121 comprende el control 105 de la temperatura del sensor de temperatura de referencia 51 en un segundo valor de temperatura y medir 115 una característica del sensor de temperatura de referencia 51 al segundo valor de temperatura. Aún en otro ejemplo, la operación de repetición 121 puede comprender además el control 105 de la temperatura del sensor de temperatura de referencia 51 a un tercer valor de temperatura y la medición 115 de una característica del sensor de temperatura de referencia al tercer valor de temperatura. Por ejemplo, la temperatura del sensor de temperatura de referencia 51 puede ser controlado a un primer valor de temperatura de 10 grados C (50 grados F), a un segundo valor de temperatura de 25 grados C (77 grados F), y un tercer de temperatura de 40 grados C (104 grados F), para ampliar el rango de operación del termómetro 21.

25 Con los valores de temperatura y las características medidas en la mano, el método utiliza, en 125, o usa, los valores de temperatura y las características medidas para resolver la ecuación de calibración. La ecuación de calibración relaciona la temperatura y la característica medida del sensor de temperatura de referencia 51 para ser usado en la calibración del sensor de temperatura de referencia. En un ejemplo, la utilización 125 comprende utilizar un primer, un segundo, y un tercer valor de temperatura y las tres características medidas correspondientes para resolver la ecuación de calibración que sigue para a, b y c:

$$T_s = a + \frac{b}{R} + \frac{c}{R^2}$$

En la que T_s es la temperatura del sensor de temperatura de referencia 51 en grados Kelvin,

35 R es la característica medida del sensor de temperatura de referencia en Ohmios, y a, b, y c son coeficientes de calibración del sensor de temperatura de referencia calculados en base a los tres valores de temperatura y a las tres características medidas correspondientes. Con la temperatura y el dato de característica medida para las tres ecuaciones y las tres incógnitas (a, b, y c), el método puede calcular fácilmente una solución exacta de las incógnitas. Así, la ecuación define una relación entre la temperatura del sensor de temperatura de referencia 51 y su característica medida (por ejemplo, la resistencia). Los coeficientes de calibración pueden ser a continuación grabados en la memoria no volátil del termómetro 71 para su aplicación a la ecuación de calibración del termómetro para mejorar la precisión de la temperatura calculada con la ecuación de calibración basada en la salida del sensor de temperatura de referencia 51. En otro ejemplo, el método puede comprender además el control 105 de la temperatura del sensor de temperatura de referencia 51 a valores de temperatura adicionales (cuarto, quinto, sexto, etc.) y medir 115 una característica del sensor de temperatura de referencia en los valores de temperatura adicionales para incrementar aún más la precisión de la calibración.

45 Analizando un gran número de sensores de temperatura de referencia 51, se ha determinado que la ecuación anterior describe con más precisión el comportamiento del sensor de temperatura de referencia en la geometría de un termómetro particular 21. Otras ecuaciones desarrolladas en base a otros sensores de temperatura de referencia, otras configuraciones de termómetro y geometrías, o sensores de temperatura de referencia similares y termómetros similares que se comportan de manera diferente, no entran dentro del alcance de las reivindicaciones.

50 Tras este proceso de calibración, el sensor de temperatura de referencia calibrado puede ser utilizado, en 131, para calibrar el sensor de temperatura primario, como se discutirá con detalle a continuación.

MÉTODO PARA CALIBRAR UN TERMOMETRO

55 En referencia ahora a la Figura 3, se describe en general un método para calibrar un termómetro en 201. El termómetro 21 calibrado es similar al descrito anteriormente, comprendiendo un sensor de temperatura primario 41 para determinar una temperatura. El método comprende posicionar, en 205, un sensor de temperatura de referencia

51 (por ejemplo, una resistencia variable con la temperatura) próxima el sensor de temperatura primario 41 (por ejemplo, una pila térmica) en general tal como se ha descrito anteriormente. El sensor de temperatura de referencia 51 está adaptado para detectar una temperatura externa que afecta al sensor de temperatura primario 41. En un ejemplo, la operación de posicionado 205 comprende embeber el sensor de temperatura de referencia 51 en el sensor de temperatura primario 41.

Una vez que el sensor de temperatura de referencia 51 está posicionado, el método comprende además calibrar, en 209, el sensor de temperatura de referencia. La operación de calibración 209 del sensor de temperatura de referencia 51 comprende controlar 105, medir 115, repetir 121 y utilizar 125 en general tal como se ha establecido anteriormente.

El método comprende además calibrar, en 215, el sensor de temperatura primario 41 en base a la calibración 209 del sensor de temperatura de referencia. Calibrar 215 el sensor de temperatura primario 41 incluye varias operaciones. En un ejemplo, calibrar 215 el sensor de temperatura primario 41 comprende exponer, en 221, el sensor de temperatura primario 41, a una primera fuente de radiación a un primer valor de temperatura de la fuente predeterminado. Se debe notar aquí que la medida del sensor de temperatura primario 41 utilizado en la calibración 215 está basada en un algoritmo de extracción dinámico (por ejemplo, un algoritmo de detección de pico) que se utiliza normalmente por el termómetro 21 para determinar la temperatura.

La operación de calibración 215 comprende además medir, en 225, el voltaje de salida del sensor de temperatura primario 41 durante la exposición del sensor de temperatura primario a la primera fuente de radiación. La operación de calibración 215 comprende además medir, en 231, la característica del sensor de temperatura de referencia 51 durante la exposición del sensor de temperatura primario 41 a la primera fuente de radiación.

La operación de exposición 221 y ambas operaciones de medida 225, 231 pueden ser repetidas a continuación, en 235, para al menos otra fuente de radiación que emite una cantidad de radiación diferente a un valor de temperatura predeterminado diferente del de la primera fuente de radiación. En un ejemplo, la operación de repetición 235 comprende exponer 221 el sensor de temperatura primario 41 a una segunda fuente de radiación a un valor de temperatura de la segunda fuente predeterminado. El método 201 puede comprender además medir 225 el voltaje de salida del sensor de temperatura primario 41 durante la exposición 221 del sensor de temperatura primario a la segunda fuente de radiación y medir 231 la característica del sensor de temperatura de referencia 51 durante la exposición del sensor de temperatura primario a la segunda fuente de radiación. Todavía en otro ejemplo, el método puede comprender adicionalmente exponer 221 el sensor de temperatura primario 41 a una tercera fuente de radiación a un tercer valor de temperatura de la fuente predeterminado. El método puede comprender además medir 225 el voltaje de salida del sensor de temperatura primario 41 durante la exposición 221 del sensor de temperatura primario a la tercera fuente de radiación y medir 231 la característica del sensor de temperatura de referencia 51 durante la exposición del sensor de temperatura primario a la tercera fuente de radiación. Se debe comprender que la primera, la segunda, y la tercera fuentes de radiación pueden ser fuentes de radiación diferentes que exhiben niveles de radiación diferentes. Alternativamente, una fuente de radiación única puede ser ajustada para irradiar diferentes niveles de radiación en momento diferentes, de manera que una única fuente de radiación puede simular más de una fuente de radiación.

Cualquier número de condiciones de medida diferentes puede ser utilizado sin separarse del alcance de la invención reivindicada. En un ejemplo, se utilizan cinco condiciones de medida, en el que las temperaturas de las fuentes de radiación y las temperaturas del termómetro ambiente se dan como sigue:

Temperatura de la fuente de radiación	Termómetro de temperatura ambiente calculada a partir de la característica medida)
33 grados C (91 grados F)	22 grados C (72 grados F)
37 grados C (99 grados F)	22 grados C (72 grados F)
41 grados C (106 grados F)	22 grados C (72 grados F)
37 grados C (99 grados F)	16 grados C (61 grados F)
37 grados C (99 grados F)	13 grados C (55 grados F)

Con los valores de temperatura y medidas en la mano, el método utiliza, en 241, los voltajes de salida medidos, las características medidas del sensor de temperatura de referencia 51, y los valores de temperatura predeterminada de las fuentes de radiación para resolver una segunda ecuación de calibración. La segunda ecuación de calibración relaciona el voltaje de salida medido del sensor de temperatura primario 41, las características medidas del sensor de temperatura de referencia 51, y los valores de temperatura predeterminados de las fuentes de radiación para su uso en la calibración del sensor de temperatura primario. En un ejemplo, el uso 241 comprende utilizar el primer, el segundo, y el tercer valores de temperatura predeterminados de la fuente de radiación, los tres voltajes de salida medidos correspondientes, y las tres características medidas correspondientes para resolver la segunda ecuación de calibración que sigue para d, e, y f:

$$V_{tp} = d + (e + fT_s)(T_s^4 - T_t^4)$$

En esta ecuación, V_{tp} es el voltaje de salida medido en el sensor de temperatura primario 41. T_s es un valor de temperatura calibrado del sensor de temperatura de referencia 51 basado en la característica medida del sensor de temperatura de referencia 41. T_t es el valor de temperatura de la fuente de radiación. Las constantes calculadas d , e , y f son coeficientes de calibración del sensor de temperatura primario 41 calculados en base a tres valores de temperatura predeterminados de la fuente de radiación, los tres voltajes de salida medidos correspondientes al sensor de temperatura primario, y las tres características medidas correspondientes del sensor de temperatura de referencia 51. Se pueden utilizar más de tres condiciones de medida 241 sin separarse del ámbito de la invención reivindicada. En el ejemplo descrito anteriormente, por ejemplo, se utilizan cinco condiciones de medida. En este caso, las técnicas de ajuste de curva estándar, u otra técnicas matemáticas, se pueden utilizar para extraer los coeficientes de calibración de las características medidas y de las temperaturas de la radiación a las que se han expuesto.

Los coeficientes de calibración son a continuación cargados en la memoria no volátil del termómetro 71 para la aplicación de la segunda ecuación de calibración para mejorar la precisión de la temperatura calculada con la segunda ecuación de calibración en base a la salida del sensor de temperatura de referencia 51. Calibrando tanto el sensor de temperatura de referencia 51 como el sensor de temperatura primario 41, la precisión del termómetro calibrado 21 puede ser mejorada y el número de puntos de datos requerido para la calibración se puede reducir.

Como puede comprender alguien versado en al técnica, la calibración 209 del sensor de temperatura de referencia 51 y la calibración 215 del sensor de temperatura primario 41 pueden producirse al mismo tiempo. Por ejemplo, el método 201 puede controlar la temperatura de sensor de temperatura de referencia 51 mientras se expone al sensor de temperatura primario 41 a una primera fuente de radiación a un primer valor de temperatura de la fuente predeterminado sin alejarse del ámbito de la invención presente.

Todavía en otra realización alternativa, calibrar 209 el sensor de temperatura de referencia 51 comprende controlar 105 la temperatura del sensor de temperatura de referencia a no más de tres valores de temperatura diferentes. En la misma realización, calibrar 215 el sensor de temperatura primario 41 comprende exponer 221 al sensor de temperatura primario a no más de tres fuentes de radiación distintas, a tres valores de temperatura de la fuente predeterminados distintos.

TERMÓMETRO DE TIMPANO

En otra realización alternativa, un termómetro de tímpano 21 (véase la Figura 1) comprende un sensor de temperatura primario 41, adaptado para determinar la temperatura de la membrana del tímpano en base a la radiación emitida por la membrana del tímpano, tal como en general se ha explicado anteriormente. El termómetro de tímpano 21 comprende además un sensor de temperatura de referencia 51 que responde a una temperatura extraña que afecta al sensor de temperatura primario 41. El sensor de temperatura de referencia 51 puede ser calibrado como se ha descrito con detalle anteriormente. En un ejemplo, el sensor de temperatura primario 41 es una pila térmica y el sensor de temperatura de referencia 51 es una resistencia variable con la temperatura. Todavía en otro ejemplo, la resistencia variable con la temperatura 51 está embebida en la pila térmica 41. Aunque la resistencia variable con la temperatura 41 pueda estar embebida en cualquier parte de la pila térmica 41, en un ejemplo la resistencia variable con la temperatura está embebida en la unión fría de la pila térmica, ya que estas partes de la pila térmica no están normalmente expuestas a la fuente de radiación.

EJEMPLO

El ejemplo siguiente demuestra la aplicación de una primera y una segunda ecuaciones de calibración a una resistencia de polisilicio Dexter ST60. El ejemplo utiliza la siguiente ecuación, con las temperaturas convertidas a grados Kelvin:

$$T_s = a + \frac{b}{R} + \frac{c}{R^2}$$

En particular, la temperatura del sensor de temperatura de referencia puede ser controlada hasta un primer valor de temperatura de 10 grados C (50 grados F), un segundo valor de temperatura de 25 grados C (77 grados F), y un tercer valor de temperatura de 40 grados C (104 grados F). Con estas tres temperaturas, las tres ecuaciones y las tres incógnitas pueden ser resueltas para a , b , y c como sigue:

$$a = \frac{T_{10} \cdot R_{10}^2 \cdot K_1 - T_{25} \cdot R_{25}^2 \cdot K_2 + T_{40} \cdot R_{40}^2 \cdot K_3}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}$$

$$b = \frac{T_{10} \cdot R_{10}^2 \cdot K_4 + T_{25} \cdot R_{25}^2 \cdot K_5 + T_{40} \cdot R_{40}^2 \cdot K_6}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}$$

$$c = \frac{(R_{10} \cdot R_{25} \cdot R_{40}) \cdot (T_{10} \cdot R_{10} \cdot K_1 - T_{25} \cdot R_{25} \cdot K_2 + T_{40} \cdot R_{40} \cdot K_3)}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}$$

dejando:

$$K_1 = R_{25} - R_{40}$$

$$K_2 = R_{10} - R_{40}$$

$$K_3 = R_{10} - R_{25}$$

$$K_4 = R_{40} - R_{25}$$

$$K_5 = R_{10} - R_{40}$$

$$K_6 = R_{25} - R_{10}$$

5

donde:

R10 es la característica medida del sensor de temperatura de referencia a 10 grados C (50 grados F);

T10 es la temperatura controlada del sensor de temperatura de referencia en Kelvin (283 grados K);

R25 es la característica medida del sensor de temperatura de referencia a 25 grados C (77 grados F);

T25 es la temperatura controlada del sensor de temperatura de referencia en Kelvin (298 grados K);

10

R40 es la característica medida del sensor de temperatura de referencia a 40 grados C (104 grados F); y

T40 es la temperatura controlada del sensor de temperatura de referencia en Kelvin (313,15 grados K).

Tras resolver estas ecuaciones para a, b, y c, el comportamiento del sensor de temperatura de referencia es conocido y se conoce la temperatura que afecta al sensor de temperatura de referencia primario para cualquier característica medida del sensor de temperatura de referencia. Con esta relación en la mano, la ecuación que sigue puede ser utilizada para determinar los coeficientes de calibración para la relación entre la temperatura de la fuente de radiación a la que está expuesto el sensor de temperatura primario y la salida del sensor de temperatura primario:

15

$$T_t = \left[T_s^4 - \frac{V_{ip} - d}{e + f \cdot T_s} \right]^{1/4}$$

donde V_{ip} es el voltaje de salida medido del sensor de temperatura primario en μ voltios, T_s es el valor de temperatura calibrado del sensor de temperatura de referencia en grados Kelvin (basado en la característica medida del sensor de temperatura de referencia), T_t es el valor de temperatura de la fuente de radiación en grados Kelvin, y las constantes calculadas d, e, y f son coeficientes de calibración del sensor de temperatura primario calculados en base a los tres o más, valores de temperatura de la fuente de radiación predeterminados, los tres, o más, voltajes de salida medidos correspondientes del sensor de temperatura primario, y las tres, o más, características medidas correspondientes del sensor de temperatura de referencia. Por ejemplo, varias temperaturas ambiente diferentes del sensor de temperatura de referencia T_s serán utilizadas para determinar el coeficiente f, que es representativo de las dependencias de temperatura de la pila térmica. Como podrá ser fácilmente comprendido por alguien versado en la técnica, la ecuación de cuarto orden descrita más arriba puede ser resuelta para una solución real, positiva, una solución real negativa, y dos soluciones complejas, aunque solamente la solución real positiva se utiliza cuando se determinan los coeficientes de calibración.

20

25

30

Aquellos versados en la técnica notarán que el orden de ejecución o el resultado de los métodos ilustrados descritos aquí no es esencial, salvo que se especifique lo contrario. Esto es, se contempla por los inventores que los elementos de los métodos pueden ser realizados en cualquier orden, salvo que se especifique lo contrario, y que los métodos pueden incluir más o menos elementos que los descritos aquí.

Cuando se introducen elementos de la invención presente en la realización o realizaciones de la misma, los artículos “un”, “una”, “el”, y “dicho” pretenden significar que hay uno o más de los elementos. Los términos “comprendiendo”, “incluyendo”, y “teniendo” pretenden ser inclusivos y significan que puede haber elementos adicionales diferentes de los elementos listados.

- 5 Dado que se pueden hacer diferentes cambios en los productos descritos anteriormente y en los métodos sin separarse del ámbito de la invención, se pretende que cualquier materia contenida en la descripción anterior y mostrada en los dibujos que se acompañan se debe interpretar como ilustrativa y no en un sentido limitador.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un método para calibrar un termómetro, comprendiendo dicho termómetro un sensor de temperatura primario (41) y una resistencia variable con la temperatura como sensor de temperatura de referencia (51), estando dicho sensor de temperatura de referencia colocado próximo al sensor de temperatura primario y siendo sensible a una temperatura externa que afecta al sensor de temperatura primario, comprendiendo dicho método:
- controlar la temperatura del sensor de temperatura de referencia en un primer valor de temperatura;
- medir la resistencia como característica del sensor de temperatura de referencia a dicho primer valor de temperatura;
- 10 repetir el control y la medida para al menos otro valor de temperatura diferente al primer valor de temperatura; y
- utilizar los valores de temperatura y las características medidas para resolver una ecuación de calibración, relacionando dicha ecuación de calibración la temperatura y la característica medida del sensor de temperatura de referencia para ser usada en la calibración del sensor de temperatura de referencia,
- y utilizar el sensor de temperatura de referencia calibrado para calibrar el sensor de temperatura primario,
- 15 en el que dicha repetición comprende:
- controlar la temperatura del sensor de temperatura de referencia a un segundo valor de temperatura;
- medir una característica del sensor de temperatura de referencia a dicho segundo valor de temperatura;
- controlar la temperatura del sensor de temperatura de referencia a un tercer valor de temperatura; y
- medir una característica del sensor de temperatura de referencia a dicho tercer valor de temperatura,
- 20 en el que dicho utilizar comprende utilizar el primer, segundo, y tercer valores de temperatura y las tres características medidas correspondientes para resolver la ecuación de calibración siguiente para a, b, y c:

$$T_s = a + \frac{b}{R} + \frac{c}{R^2}$$

- donde T_s es la temperatura del sensor de temperatura de referencia,
- R es la resistencia medida del sensor de temperatura de referencia, y
- 25 a, b, y c son coeficientes de calibración del sensor de temperatura de referencia calculados en base a los tres valores de temperatura y a las tres características medidas correspondientes.
- 2.- Un método tal como el establecido en la reivindicación 1 en el que dicho controlar comprende controlar la temperatura de una resistencia variable con la temperatura siendo sensible a una temperatura externa que afecta a una pila térmica.
- 30 3.- Un método como el establecido en la reivindicación 2, en el que dicho medir comprende medir una resistencia de la resistencia variable con la temperatura.
- 4.- Un método como el establecido en la reivindicación 1, en el que dicho controlar la temperatura comprende sumergir el sensor de temperatura de referencia en un baño de temperatura controlada.
- 35 5.- Un método como el establecido en la reivindicación 4, en el que dicho controlar la temperatura comprende sumergir el termómetro en un baño de temperatura controlada.
- 6.- Un método como el establecido en la reivindicación 4, en el que dicho controlar la temperatura comprende además controlar la temperatura del baño dentro de un rango de aproximadamente $\pm 0,01$ grados C ($\pm 0,018$ grados F) de la temperatura del baño deseada.
- 40 7.- Un método como el establecido en la reivindicación 4, en el que dicho controlar la temperatura comprende además mantener el sensor de temperatura de referencia en el baño de temperatura controlada durante un período aproximado de entre 15 minutos y 30 minutos antes de medir dicha característica.
- 45 8.- Un método como el establecido en la reivindicación 4, que comprende además mantener el sensor de temperatura de referencia en el baño de temperatura controlada hasta que la característica medida del sensor de temperatura de referencia cambie menos de aproximadamente el 0,1 por ciento en al menos aproximadamente un minuto.

FIG. 1

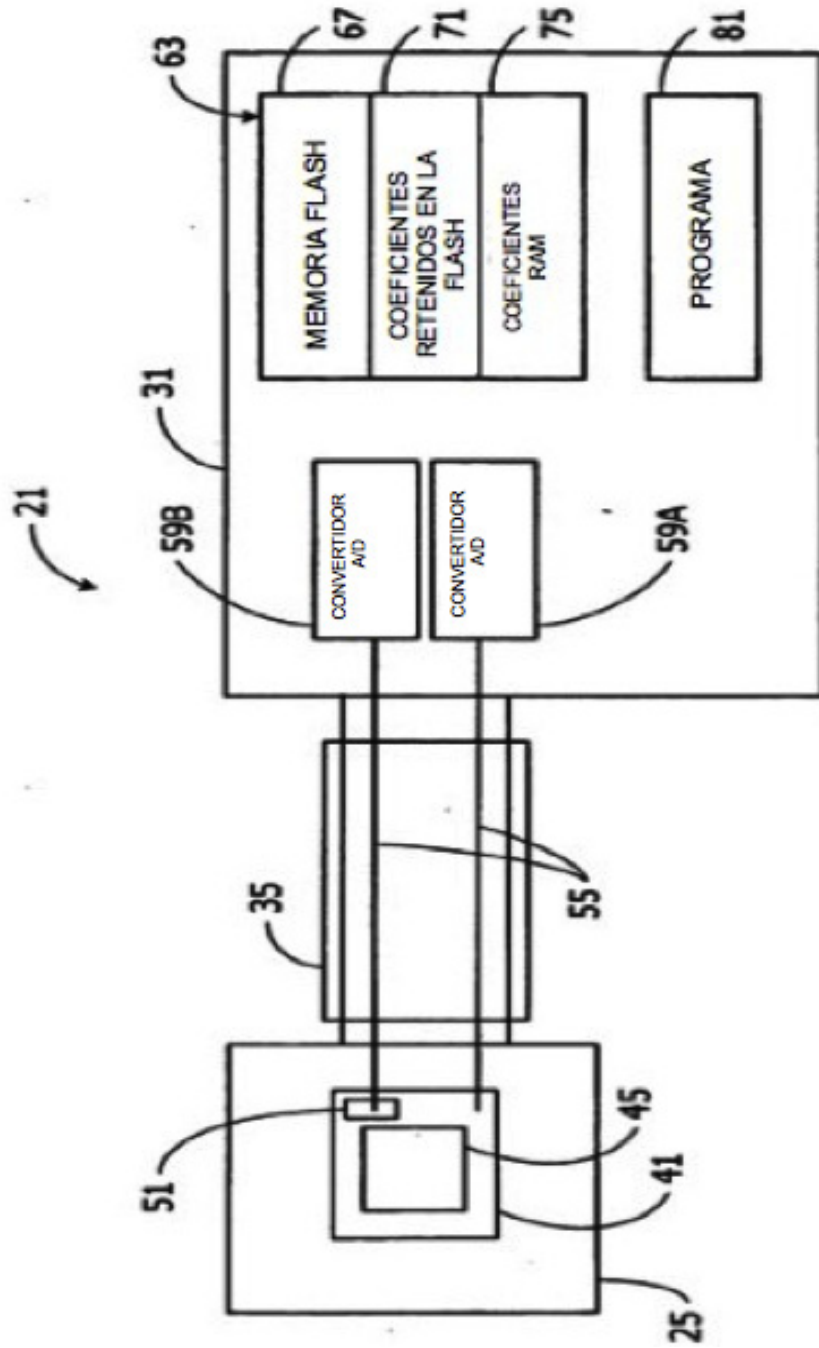


FIG. 2

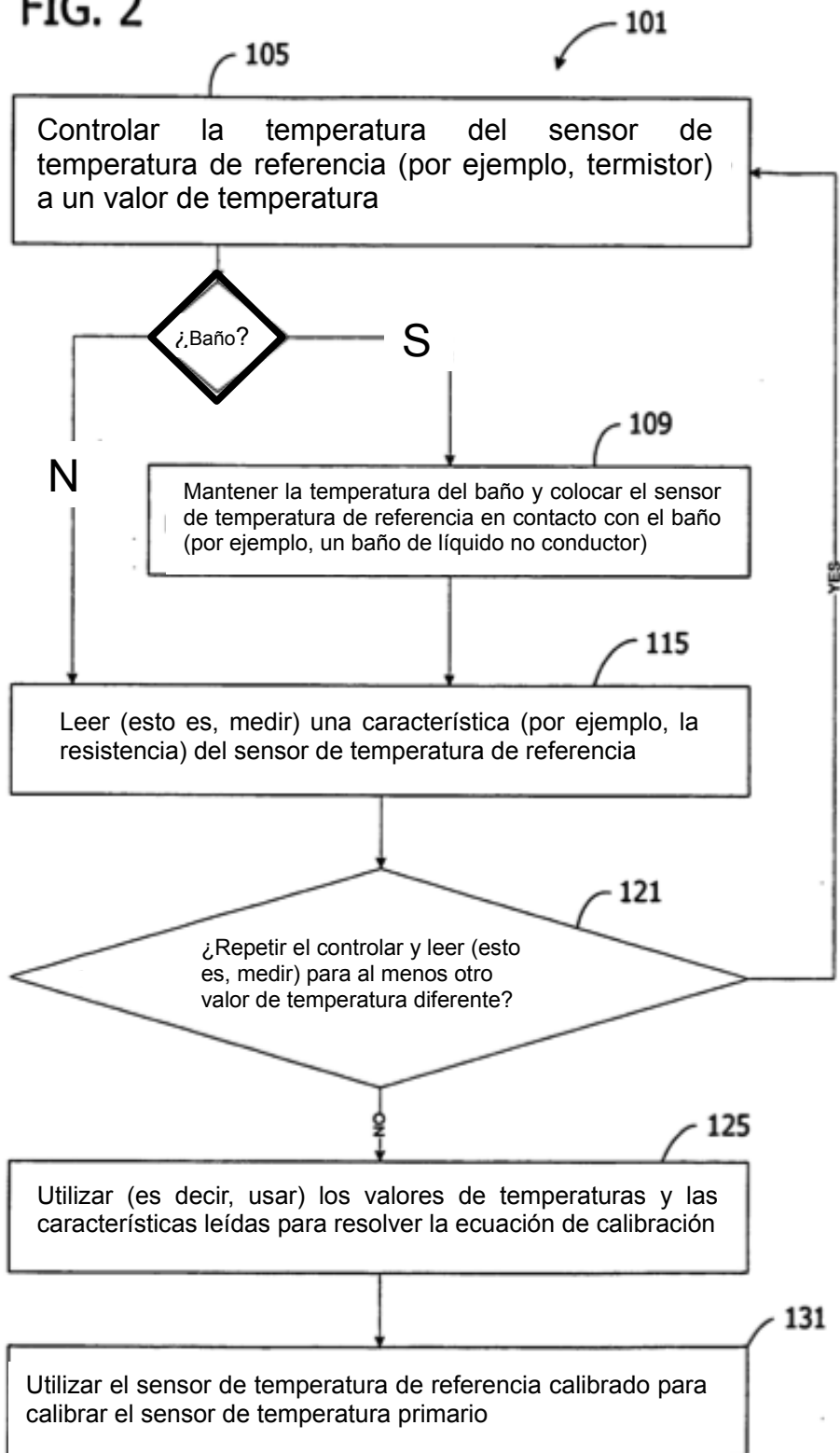


FIG. 3

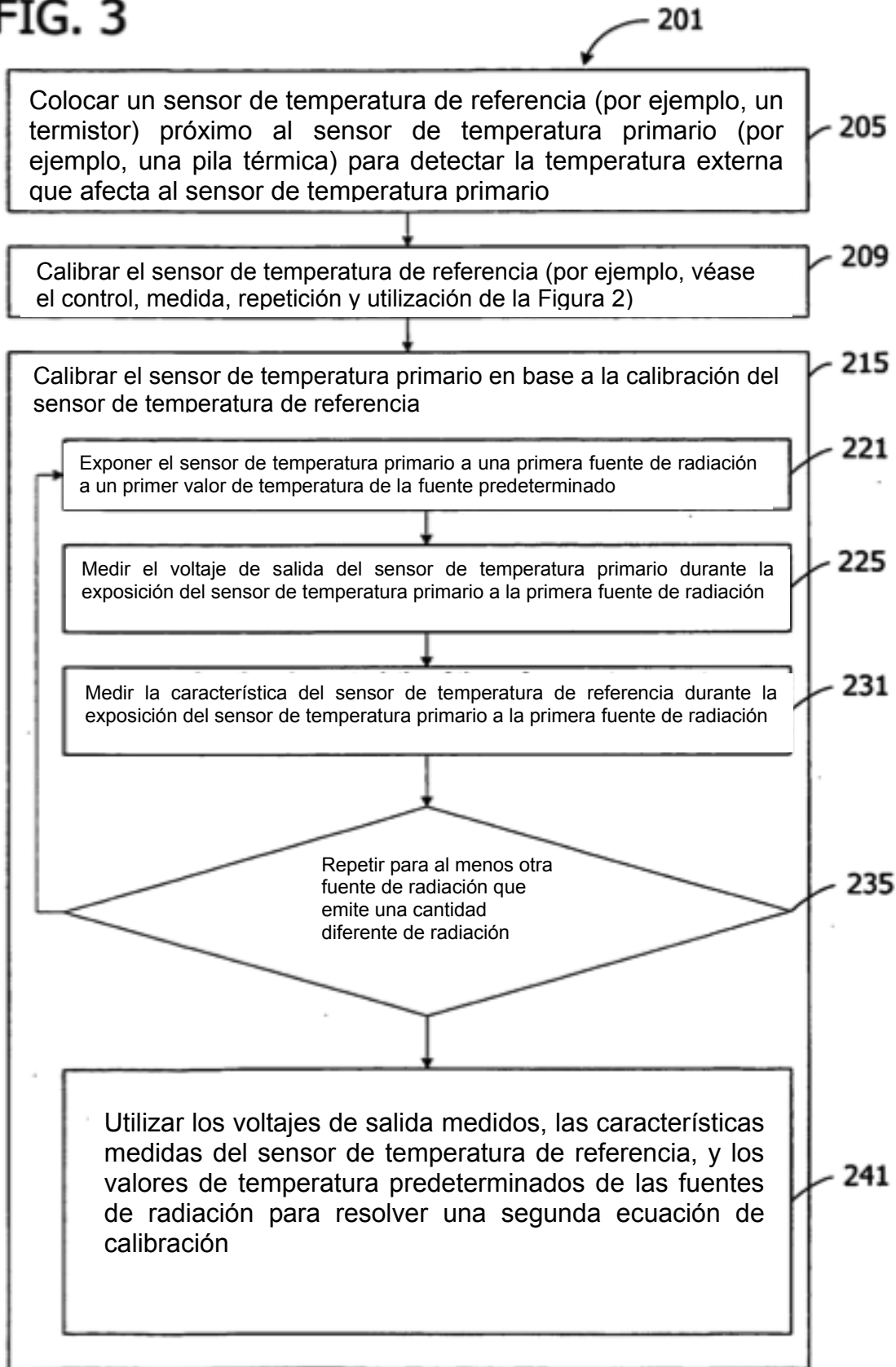


FIG. 4

