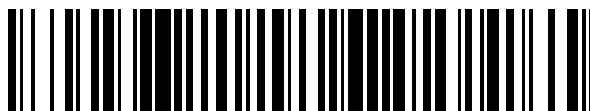


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 822 325**

51 Int. Cl.:

G01J 5/52 (2006.01)

G01J 5/16 (2006.01)

G01J 5/00 (2006.01)

G01K 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2007** **E 10181880 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2020** **EP 2295943**

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

30 Prioridad:

19.05.2006 US 419360

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

30.04.2021

73 Titular/es:

**CARDINAL HEALTH 529, LLC (100.0%)
7000 Cardinal Place
Dublin OH 43017, US**

72 Inventor/es:

PRICE, JEFFREY E.

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 822 325 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 del termómetro de radiación

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a un sistema de calibración para calibrar termómetros electrónicos. Más específicamente, la presente invención se refiere a la calibración de un sensor de temperatura de referencia (por ejemplo, una resistencia dependiente de la temperatura) y un sensor de temperatura primario (es decir, una termopila) dentro de un termómetro timpánico.

Antecedentes

10 El diagnóstico y tratamiento de muchas dolencias corporales depende de una lectura precisa de la temperatura interna o central de la lectura de temperatura corporal del paciente y, en algunos casos, en comparación con una temperatura corporal anterior. Durante muchos años, la forma más común de tomar la temperatura de un paciente implicaba la utilización de termómetros de mercurio. Sin embargo, tales termómetros son susceptibles a romperse y deben insertarse y mantenerse en el recto o la boca durante varios minutos, causando a menudo malestar al paciente.

15 Debido a los inconvenientes de los termómetros de mercurio convencionales, se han desarrollado termómetros electrónicos y ahora 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, aunque los termómetros electrónicos proporcionan lecturas más rápidas, todavía debe pasar algún tiempo antes de que se pueda tomar una lectura precisa. Por otra parte, los termómetros electrónicos aún deben insertarse en la boca, recto o axila del paciente.

20 Los termómetros timpánicos, esos termómetros que detectan las emisiones infrarrojas de la membrana timpánica, proporcionan lecturas casi instantáneas de la temperatura central sin el retraso indebido de otros termómetros. La comunidad médica considera por lo general que el termómetro timpánico es superior a los sitios orales, rectales o axilares para tomar la temperatura de un paciente. Esto se debe a que la membrana timpánica es más representativa de la temperatura interna o central del cuerpo y responde mejor a los cambios en la temperatura central.

25 Los termómetros timpánicos convencionales incluyen por lo general dos sensores. Un sensor es un sensor de temperatura primario para medir la temperatura de la membrana timpánica. En un termómetro timpánico convencional, el sensor de temperatura principal es un sensor de infrarrojos, como una termopila. La termopila está adaptada para medir la radiación emitida de la membrana timpánica 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
30 sensor de temperatura primario o termopila. En un termómetro timpánico convencional, el sensor de temperatura de referencia es una resistencia dependiente de la temperatura, como un termistor o una resistencia de polisilicio, montada en la unión fría de la termopila. Debido a que la respuesta de la termopila depende de la temperatura de la propia termopila, la temperatura ambiente de la resistencia se puede utilizar para estimar la temperatura de la termopila para compensar la dependencia de la temperatura de la termopila. El documento US 5.293.877 y US 6.179.785 se refieren a termómetros con termistores como sensores de temperatura de referencia.
35

Normalmente, los termómetros timpánicos requieren calibración en la fábrica durante la fabricación para lograr la capacidad de lectura de temperatura rápida y precisa indicada anteriormente. La calibración del termómetro timpánico en la fábrica requiere una calibración individual de cada unidad de termómetro para que los parámetros de calibración adecuados de cada termómetro individual se puedan escribir en la memoria (por ejemplo, EEPROM) del
40 microprocesador de cada termómetro. Estos parámetros de calibración implican determinar los valores adecuados para las variables que representan los sensores dentro de cada termómetro y cualquier parámetro relacionado con el sistema óptico, como la geometría del sensor de temperatura primario con respecto al canal auditivo y el alojamiento del dispositivo. Una vez que estos parámetros de calibración se determinan y escriben en la memoria de cada termómetro, la calibración está completa y la unidad se envía para la venta. Desafortunadamente, las técnicas conocidas para calibrar el termómetro timpánico no tienen en cuenta las diferencias (por ejemplo, diferencias de
45 fabricación) en los sensores de temperatura de referencia y suponen que cada uno de los sensores de temperatura de referencia responde de la misma forma a una entrada determinada. Otras técnicas conocidas pueden depender también de la calibración del sensor de temperatura primario para proporcionar datos suficientemente precisos para extraer parámetros del sensor de temperatura de referencia. Los aspectos de la presente invención implican un procedimiento de calibración mediante el que se calibran tanto el sensor de temperatura de referencia como el sensor de temperatura primario.
50

Además, los procedimientos convencionales de calibración a menudo utilizan un baño de agua con temperatura controlada para controlar la temperatura del termómetro o de sus componentes, durante la calibración. Debido a que el agua es un conductor de electricidad, el termómetro o sus componentes generalmente se colocan en una bolsa antes de sumergirlos en el baño de agua. La bolsa actúa como una barrera para evitar que el agua entre en contacto
55 con el termómetro o los componentes del termómetro mientras se sumerge en el baño. El uso de una bolsa de este tipo crea varios problemas, incluyendo etapas adicionales de carga y descarga de la bolsa, posibles fugas de la bolsa, condensación dentro de la bolsa, un espacio de aire entre la bolsa y el termómetro o los componentes del termómetro,

y un mayor tiempo de calibración debido al control de temperatura de la bolsa y el espacio de aire. Los aspectos de las realizaciones de la presente invención invocan un procedimiento mediante el que se evita el uso de tales bolsas.

Sumario

5 La presente invención proporciona un procedimiento para calibrar un termómetro de acuerdo con la reivindicación 1. El siguiente sumario simplificado proporciona una descripción básica de algunos aspectos de la tecnología actual. Este sumario no es una descripción general extensa. No pretende identificar elementos clave o críticos ni delinear el ámbito de esta tecnología. Este sumario no está destinado a ser utilizado como ayuda para determinar el ámbito del objeto reivindicado. Su finalidad es presentar algunos conceptos simplificados relacionados con la tecnología antes de la descripción más detallada que se presenta a continuación.

10 Por consiguiente, se desvela un procedimiento para calibrar un sensor de temperatura de referencia de un termómetro. También se desvela un procedimiento para calibrar un sensor de temperatura de referencia de un termómetro y un sensor de temperatura primario basándose en la calibración del sensor de temperatura de referencia. Al proporcionar un líquido no conductor de electricidad para la calibración, los aspectos de las realizaciones de la invención pueden agilizar el procedimiento de calibración.

Breve descripción de los dibujos

15 la Figura 1 es un diagrama de bloques simplificado de los componentes de un termómetro de la presente invención; la Figura 2 es un diagrama de flujo de un procedimiento de una realización de la presente invención; la Figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de otra realización de la presente invención; y la Figura 4 es un diagrama de un aparato de calibración de la presente invención.
20 Los caracteres de referencia correspondientes indican las partes correspondientes en todos los dibujos.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

25 La Figura 1 ilustra los componentes de un termómetro de radiación convencional, como un termómetro timpánico, o en general, un dispositivo electrónico de temperatura. El termómetro, generalmente indicado con 21, comprende una unidad 25 de sensor, o bote de sensor, para determinar la temperatura de un objetivo. En la realización mostrada, la unidad 25 de sensor se comunica con una unidad 31 de procesamiento central (CPU) a través de un cable 35 flexible. La CPU 31 y la unidad 25 de sensor pueden comunicarse alternativamente a través de otros enlaces de comunicación, como por un enlace de comunicación inalámbrica, utilizando varios formatos de señal, como analógico o digital.

30 La unidad 25 de sensor comprende un sensor 41 de temperatura primario para medir la temperatura del objetivo (es decir, la temperatura objetivo). En un ejemplo, el sensor 41 de temperatura primario comprende una termopila 45. La termopila se puede utilizar para determinar la temperatura de una membrana timpánica objetivo (es decir, tímpano), por ejemplo, para determinar la temperatura corporal de un animal, como un ser humano. Por ejemplo, véase la Solicitud de patente de Estados Unidos en trámite, de propiedad común con n.º. de serie 10/480.428, presentada el 10 de diciembre de 2003, titulada "PUNTA DEL TERMÓMETRO TIMPÁNICO TÉRMICA", y publicada el 2 de diciembre de 2004 como el documento US 2004-0240516. También se contemplan objetivos distintos de la membrana timpánica dentro del ámbito de la invención reivindicada. Los dispositivos de detección de temperatura distintos de las termopilas 35 45 se contemplan también dentro del ámbito de la presente invención. Por ejemplo, el sensor 41 de temperatura primario puede ser un dispositivo que convierte la energía radiante en alguna otra forma medible. Puede ser una corriente eléctrica o un cambio en alguna propiedad física del detector. Por ejemplo, bolómetros, sensores piroeléctricos (PIR) y tubos fotomultiplicadores (PMT), entre otros, se contemplan dentro del ámbito de la presente invención.

40 El termómetro 21 comprende además un sensor 51 de temperatura de referencia. En un ejemplo, el sensor 51 de temperatura de referencia se sitúa próximo al sensor 41 de temperatura primario y responde a una temperatura extraña que afecta al sensor de temperatura primario. Se contemplan muchos tipos de sensores de temperatura dentro del ámbito de la presente invención. Por ejemplo, el sensor 51 de temperatura de referencia puede ser una resistencia dependiente de la temperatura, como una resistencia de polisilicio, una resistencia de coeficiente de temperatura negativo (NTC) o una resistencia de coeficiente de temperatura positivo (PTC). En un ejemplo, la resistencia 51 dependiente de la temperatura es una resistencia de polisilicio, como la resistencia de polisilicio Dexter ST60, disponible por Dexter Research Center, Inc. de Dexter, Michigan. La resistencia 51 dependiente de la temperatura puede estar incrustada en el sensor 41 de temperatura primario, o termopila (tal como dentro o fuera del bote 25 de sensor de la termopila), de modo que la temperatura de la resistencia dependiente de la temperatura sigue de cerca 45 la temperatura de las uniones frías de la termopila.

50 En la realización mostrada en la Figura 1, tanto la termopila 41 como la resistencia 51 dependiente de la temperatura se comunican con la CPU 31 a través de los respectivos cables 55. La termopila 41 se comunica a través de un canal con un convertidor 59A analógico/digital para medir una tensión de salida diferencial de la termopila. La resistencia 51 dependiente de la temperatura se comunica a través de un solo canal con un solo convertidor 59B analógico/digital para medir o leer, la resistencia de salida de la resistencia dependiente de la temperatura. Como comprendería fácilmente un experto en la materia, y que no se describirá con más detalle aquí, los convertidores 59 analógicos/digitales convierten las señales de la respectiva termopila 41 y de la resistencia 51 a una forma digital para

su posterior procesamiento por la CPU 31. También se pueden incluir otros dispositivos de acondicionamiento de señal y/o software con el termómetro 21, tal como acondicionamiento de ganancia, filtrado de paso de banda y almacenamiento en búfer, entre otros, como entendería un experto en la materia.

5 La CPU 31 comprende además un componente de memoria, generalmente indicado con 63, para almacenar datos, como los coeficientes de calibración que se describen en detalle a continuación. En el ejemplo mostrado, el componente de memoria se divide en tres porciones: un componente 67 de memoria flash de solo lectura (ROM) para almacenar el código, un componente 71 de coeficientes retenidos de Flash para almacenar coeficientes, y un componente 75 de coeficientes de memoria de acceso aleatorio (RAM) utilizado como memoria de trabajo. Pueden añadirse otros componentes de memoria sin apartarse del ámbito de la presente invención. La CPU 31 comprende además un componente 81 de software para almacenar instrucciones para el funcionamiento del termómetro 21 por la CPU 31. En un ejemplo, este componente 81 de software se almacena en el componente 67 de ROM.

PROCEDIMIENTOS

Con referencia a continuación a la Figura 2, un procedimiento para calibrar un termómetro 21 se indica generalmente con 101. La calibración de dichos termómetros 21 es importante para garantizar lecturas de temperatura precisas. 15 Tales calibraciones pueden tener lugar durante la fabricación inicial del termómetro 21 o como parte de un procedimiento de recalibración, tal como después del uso de un termómetro. En un ejemplo, la precisión requerida del termómetro 21 es de $\pm 0,1$ grados C ($\pm 0,2$ grados F), de tal forma que la precisión del procedimiento de calibración pueda mejorarse a una tolerancia más estricta (por ejemplo, $\pm 0,01$ grados C ($\pm 0,02$ grados F)), puesto que otras incertidumbres de medición y procedimiento se sumarán a este error. Al calibrar el termómetro 21 a una tolerancia más estricta, tales incertidumbres de medición y procedimiento no deben hacer que el termómetro funcione más allá de su precisión deseada, mejorando así la precisión del termómetro. Pueden utilizarse otras tolerancias sin apartarse del ámbito de las realizaciones de la invención.

El procedimiento 101 para calibrar el sensor 51 de temperatura de referencia comprende múltiples operaciones. En particular, el procedimiento 101 comprende controlar, en 105, la temperatura del sensor 51 de temperatura de referencia (por ejemplo, una resistencia dependiente de la temperatura) a un primer valor de temperatura. En un ejemplo, el control 105 de la temperatura comprende sumergir o colocar, el sensor 51 de temperatura de referencia en un baño de líquido de temperatura controlada. En otro ejemplo, que es el tema de la siguiente descripción, el control 105 de la temperatura comprende sumergir el termómetro 21, o al menos una porción del mismo, en el baño líquido con temperatura controlada. El termómetro 21, y por tanto el sensor 51 de temperatura de referencia, pueden protegerse de la exposición al líquido en el baño colocando el sensor de temperatura de referencia en una bolsa impermeable antes de sumergir el sensor de temperatura de referencia en el baño. Otros medios para proteger el termómetro 21, el sensor 51 de temperatura de referencia, u otros componentes del termómetro, de la exposición al líquido en el baño se contemplan también dentro del ámbito de la presente invención.

Como alternativa, el líquido utilizado en el baño puede ser un líquido no conductor de electricidad, de forma que ya no es necesaria una bolsa protectora que forme una barrera para líquidos. Como se usa en el presente documento, la expresión "no conductor de electricidad" significa muy resistente a la conducción de electricidad. No se requiere una ausencia total de conductividad eléctrica medible. Más bien, un líquido no conductor de 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. De este modo, con un líquido no conductor de electricidad, el termómetro 21, el sensor 51 de temperatura de referencia, u otros componentes del termómetro pueden colocarse directamente en el líquido, libre de barreras de líquido entre el sensor de temperatura y el líquido no conductor de electricidad. Se permite que el líquido no conductor de electricidad haga contacto con un componente conductor de electricidad del sensor de temperatura, como una placa de circuito impreso (PCB), sin preocupaciones de que la conductividad del líquido afecte a la PCB a la que está conectado el sensor de temperatura de referencia.

45 Haciendo referencia brevemente a la Figura 4, un aparato de calibración, generalmente indicado con 85, adaptado para utilizar un líquido no conductor de electricidad para la calibración de acuerdo con el presente procedimiento se muestra. El aparato 85 de calibración comprende un recipiente 87 adaptado para recibir termómetros 21. Como comprendería fácilmente un experto en la materia, el recipiente 87 del aparato 85 de calibración puede estar adaptado para recibir otros artículos, tales como sensores 51 de temperatura de referencia por sí mismos u otros dispositivos electrónicos. El recipiente 87 recibe un líquido 91 no conductor de electricidad, que se puede mantener fácilmente a una temperatura establecida mediante un regulador 95 de temperatura asociado con el aparato 85 de calibración. Como se representa en la Figura 4, el recipiente 87 y el líquido 91 no conductor de electricidad cooperan para formar un baño no conductor de electricidad adaptado para recibir los termómetros 21 en el líquido no conductor de electricidad para mantener los termómetros a la misma temperatura que el líquido no conductor de electricidad. Como comprendería fácilmente un experto en la materia, todo o una parte de cada termómetro 21 se puede sumergir en el líquido 91 no conductor de electricidad. En el ejemplo de la Figura. 4, el termómetro 21' está solo parcialmente sumergido en el líquido 91 no conductor de electricidad, mientras que los termómetros 21 están completamente sumergidos en el líquido no conductor de electricidad. Por otra parte, el recipiente 87 puede estar adaptado para recibir dos o más termómetros 21, como los cuatro termómetros que se muestran en la Figura 4. Además, diferentes termómetros 21 (por ejemplo, diferentes tamaños, diferentes modelos, diferentes configuraciones, etc.) pueden utilizar el mismo aparato 85 de calibración. El aparato 85 comprende además un dispositivo 97 adaptado para cargar y

descargar dos de los termómetros 21 hacia y desde el líquido 91 no conductor de electricidad. El aparato 85 puede incluir cualquier número y tipo de tales accesorios para carga y descarga sin apartarse del ámbito de las realizaciones de la presente invención.

5 La utilización de un líquido 91 no conductor de electricidad con el aparato 85 de calibración proporciona varios cambios en el procedimiento 101 de calibración, en comparación con la utilización de una bolsa para proteger los termómetros 21 de un líquido conductor, tal como agua. Con un líquido conductor, los termómetros 21 deben colocarse en la bolsa antes de la inmersión en el baño y sacarse de la bolsa después de la inmersión en el baño. Estas etapas de colocación y extracción requieren mucho tiempo y no son necesarias con el líquido no conductor de electricidad, puesto que el líquido no conductor de electricidad puede entrar en contacto directo con el termómetro 21 u otro dispositivo electrónico, sin efectos adversos. Por lo tanto, los termómetros 21 pueden cargarse y descargarse directamente en/del líquido 91 no conductor de electricidad con el dispositivo 97. Por otra parte, tales bolsas pueden gotear, permitiendo que los termómetros 21 entren en contacto con el agua conductora. Además, en un ambiente húmedo se puede formar condensación de agua en el interior de la bolsa adyacente al termómetro 21, permitiendo así que el termómetro entre en contacto con agua conductora. Adicionalmente, durante la inmersión en una bolsa de este tipo, quedará un espacio de aire entre la bolsa y el termómetro 21, lo que puede afectar negativamente a la temperatura registrada y aumentar el tiempo necesario para obtener una temperatura estable para el termómetro. Además, el tiempo de calibración se alargará con la bolsa porque tanto la bolsa como el espacio de aire deben llevarse a la temperatura adecuada, además del termómetro 21. Por el contrario, con el líquido 91 no conductor de electricidad, solo la temperatura del propio termómetro 21 debe ser controlada por el baño.

20 Como comprendería fácilmente un experto en la materia, se puede utilizar cualquier tipo de líquido 91 no conductor de electricidad sin apartarse del ámbito de las realizaciones de la invención. Por ejemplo, se puede utilizar un líquido perfluoropoliéter de bajo peso molecular (PFPE) como líquido 91 no conductor de electricidad. Más específicamente, un 1,1,2,3,3,3-hexafluoropropeno oxidado y polimerizado se puede utilizar también como el líquido 91 no conductor de electricidad. Otras características del líquido 91 no conductor de electricidad (por ejemplo, limpieza líquida, opacidad, translucidez, corrosividad, toxicidad y viscosidad, entre otros) se pueden considerar también al seleccionar un líquido no conductor de electricidad apropiado.

30 Volviendo al procedimiento 101, el control 105 puede controlar a prácticamente cualquier temperatura, como 10 grados C (50 grados F), por ejemplo. En este ejemplo, el sensor 51 de temperatura de referencia del termómetro 21 se comunica con el usuario o aparato que calibra el sensor de temperatura de referencia a través de un enlace de comunicación, como un cable 98, conectado al sensor de temperatura de referencia. Otros tipos de enlaces de comunicación, como un enlace 99 de comunicación inalámbrica, se contemplan también dentro del ámbito de la presente invención. Por otra parte, el termómetro 21 no necesita comunicarse mientras está en el baño, sino que puede almacenar los valores experimentales obtenidos mientras está en el baño para su uso en la calibración del termómetro.

35 En otro ejemplo aplicable a las realizaciones de líquido conductor y líquido no conductor de electricidad, la operación 105 de control puede comprender controlar la temperatura del baño dentro de un intervalo de aproximadamente $\pm 0,005$ grados C ($\pm 0,009$ grados F) a aproximadamente $\pm 0,01$ grados C ($\pm 0,018$ grados F) de la temperatura deseada del baño. Este nivel de control asegura que tanto el baño como el termómetro 21 se mantengan a una temperatura precisa adecuada para la calibración. En otro ejemplo, la temperatura puede controlarse aún más manteniendo, en 40 109, el termómetro 21 en el baño de temperatura controlada durante un período de entre aproximadamente 15 minutos y aproximadamente 30 minutos antes de medir la característica. Los períodos de tiempo prolongados en el baño ayudan a asegurar que la temperatura del termómetro 21 tenga tiempo suficiente para equilibrarse con la temperatura del baño.

45 En otro ejemplo aplicable a las realizaciones de líquido conductor y líquido no conductor de electricidad, el procedimiento puede comprender además mantener el termómetro 21 en el baño de temperatura controlada hasta que la característica medida del sensor 51 de temperatura de referencia cambie menos de aproximadamente 0,1 por ciento en al menos aproximadamente un minuto. Al supervisar los cambios en la característica medida a lo largo del tiempo, puede determinarse el punto preciso en el que el sensor 51 de temperatura de referencia se equilibra con el baño. De este modo, cualquier operación iniciada en este punto del procedimiento puede ejecutarse inmediatamente, sin tiempo adicional innecesario en el baño más allá del punto de equilibrio. Como entendería un experto en la materia, uno o más de estos procedimientos ejemplares para determinar cuándo el sensor 51 de temperatura de referencia está a la temperatura adecuada pueden utilizarse en combinación sin apartarse del ámbito de la invención reivindicada.

55 El procedimiento comprende además medir, en 115, o leer, una característica del sensor 51 de temperatura de referencia en el primer valor de temperatura. En el ejemplo en el que el sensor 51 de temperatura de referencia es una resistencia dependiente de la temperatura, la medición comprende medir una resistencia de la resistencia dependiente de la temperatura. Estas características medidas (por ejemplo, resistencias) pueden almacenarse en una memoria (por ejemplo, una memoria no volátil, como las descritas anteriormente) para su uso posterior en el procedimiento de calibración. En un ejemplo, los datos almacenados pueden descargarse después de la memoria a un ordenador para resolver la ecuación o ecuaciones de calibración para el coeficiente o coeficientes de calibración.

60 Después de la operación 105 de control y la operación 115 de medición, el procedimiento puede comprender además

repetir, en 121, la operación de control y la operación de medición para al menos otro valor de temperatura diferente al primer valor de temperatura. En un ejemplo, la operación 121 de repetición comprende controlar 105 la temperatura del sensor 51 de temperatura de referencia a un segundo valor de temperatura y medir 115 una característica del sensor de temperatura de referencia en el segundo valor de temperatura. En todavía otro ejemplo, la operación 121 de repetición puede comprender además controlar 105 la temperatura del sensor 51 de temperatura de referencia a un tercer valor de temperatura y medir 115 una característica del sensor de temperatura de referencia en el tercer valor de temperatura. Por ejemplo, la temperatura del sensor 51 de temperatura de referencia puede controlarse a 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), para abarcar un intervalo de operación del termómetro 21.

Con los valores de temperatura y las características medidas a mano, el procedimiento utiliza, en 125, o usa, los valores de temperatura y las características medidas para resolver una ecuación de calibración. La ecuación de calibración relaciona la temperatura y la característica medida del sensor 51 de temperatura de referencia para su uso en la calibración del sensor de temperatura de referencia. En un ejemplo, la utilización 125 comprende la utilización del primer, segundo y tercer valores de temperatura y las tres características medidas correspondientes para resolver la siguiente ecuación de calibración 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 51 de temperatura de referencia en grados Kelvin, 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 basándose en los tres valores de temperatura y las tres características medidas correspondientes. Con los datos de temperatura y característicos medidos para tres ecuaciones y tres incógnitas (a, b y c), el procedimiento puede calcular fácilmente una solución exacta para las incógnitas. De este modo, la ecuación define una relación entre la temperatura del sensor 51 de temperatura de referencia y su característica medida (por ejemplo, resistencia). Los coeficientes de calibración pueden luego cargarse en la memoria 71 no volátil del termómetro para su aplicación en la ecuación de calibración del termómetro para mejorar la precisión de la temperatura calculada con la ecuación de calibración basándose en la salida del sensor 51 de temperatura de referencia. En otro ejemplo, el procedimiento puede comprender además controlar 105 la temperatura del sensor 51 de temperatura de referencia a valores de temperatura adicionales (cuarto, quinto, sexto, etc.) y medir 115 una característica del sensor de temperatura de referencia a los valores de temperatura adicionales para aumentar aún más la precisión de la calibración.

Al analizando un gran número de sensores 51 de temperatura de referencia, se determinó que la ecuación anterior describe con mayor precisión el comportamiento del sensor de temperatura de referencia en la geometría de un termómetro 21 particular. Otras ecuaciones desarrolladas basándose en otros sensores de temperatura de referencia, otras configuraciones y geometrías de termómetros, o sensores de temperatura de referencia similares y termómetros similares que funcionan de forma diferente, se contemplan también dentro del ámbito de la presente invención.

Después de este procedimiento de calibración, se puede utilizar el sensor de temperatura de referencia calibrado, en 131, para calibrar el sensor de temperatura primario, como se expone en detalle más adelante.

PROCEDIMIENTO DE CALIBRAR UN TERMÓMETRO

Con referencia a continuación a la Figura 3, un procedimiento para calibrar un termómetro se describe generalmente en 201. El termómetro 21 calibrado es similar al descrito anteriormente, comprendiendo un sensor 41 de temperatura primario para determinar una temperatura. El procedimiento comprende situar, en 205, un sensor 51 de temperatura de referencia (por ejemplo, una resistencia dependiente de la temperatura) próximo al sensor 41 de temperatura primario (por ejemplo, termopila) por lo general como se ha descrito anteriormente. El sensor 51 de temperatura de referencia está adaptado para detectar una temperatura extraña que afecta al sensor 41 de temperatura primario. En un ejemplo, la operación 205 de situación comprende incrustar el sensor 51 de temperatura de referencia en el sensor 41 de temperatura primario.

Una vez situado el sensor 51 de temperatura de referencia, el procedimiento comprende además calibrar, en 209, el sensor de temperatura de referencia. La operación 209 de calibración del sensor 51 de temperatura de referencia comprende el control 105, medición 115, repetición 121, y utilización 125 generalmente como se ha expuesto anteriormente.

El procedimiento comprende además calibrar, en 215, el sensor 41 de temperatura primario basándose en la calibración 209 del sensor de temperatura de referencia. La calibración 215 del sensor 41 de temperatura primario incluye diversas operaciones. En un ejemplo, calibrar 215 el sensor 41 de temperatura primario comprende exponer, en 221, el sensor 41 de temperatura primario a una primera fuente de radiación a un valor de temperatura predeterminado de la primera fuente. Cabe señalar aquí que las mediciones del sensor 41 de temperatura primario utilizado en la calibración 215 se basan en un algoritmo de extracción dinámica (por ejemplo, un algoritmo de detección

de picos) que normalmente utiliza el termómetro 21 para determinar la temperatura.

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

La operación 221 de exposición y ambas operaciones 225, 231 de medición pueden repetirse a continuación, en 235, para al menos otra fuente de radiación que emite una cantidad diferente de radiación a un valor de temperatura predeterminado diferente al de la primera fuente de radiación. En un ejemplo, la operación 235 de repetición comprende exponer 221 el sensor 41 de temperatura primario a una segunda fuente de radiación a un valor de temperatura predeterminado de la segunda fuente. El procedimiento 201 puede comprender además medir 225 la tensión de salida del sensor 41 de temperatura primario durante la exposición 221 del sensor de temperatura primario a la segunda fuente de radiación y medir 231 la característica del sensor 51 de temperatura de referencia durante la exposición del sensor de temperatura primario a la segunda fuente de radiación. En todavía otro ejemplo, el procedimiento puede comprender adicionalmente exponer 221 el sensor 41 de temperatura primario a una tercera fuente de radiación a un valor predeterminado de temperatura de la tercera fuente. El procedimiento puede comprender además medir 225 la tensión de salida del sensor 41 de temperatura primario durante la exposición 221 del sensor de temperatura primario a la tercera fuente de radiación y medir 231 la característica del sensor 51 de temperatura de referencia durante la exposición del sensor de temperatura primario a la tercera fuente de radiación. Debe entenderse que la primera, segunda y tercera fuentes de radiación pueden ser diferentes fuentes de radiación que exhiben diferentes niveles de radiación. Como alternativa, una sola fuente de radiación puede ajustarse para irradiar diferentes niveles de radiación en diferentes momentos, de modo que la única fuente de radiación pueda simular más de una fuente de radiación.

Se puede utilizar cualquier número de condiciones de medición diferentes sin apartarse del ámbito de la invención reivindicada. En un ejemplo, se utilizan cinco condiciones de medición, en las que las temperaturas de la fuente de radiación y las temperaturas ambientales del termómetro se dan como sigue:

Temperatura de la fuente de radiación	Temperatura ambiente del termómetro (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 las medidas y los valores de temperatura a mano, el procedimiento utiliza, en 241, las tensiones de salida medidas, las características medidas del sensor 51 de temperatura de referencia y los valores de temperatura predeterminados de las fuentes de radiación para resolver una segunda ecuación de calibración. La segunda ecuación de calibración relaciona la tensión de salida medida del sensor 41 de temperatura primario, la característica medida del sensor 51 de temperatura de referencia, 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, la utilización 241 comprende la utilización del primer, segundo y tercer valores predeterminados de temperatura de la fuente de radiación, las tres tensiones de salida medidas correspondientes, y las tres características medidas correspondientes para resolver la siguiente segunda ecuación de calibración para d, e y f:

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

En esta ecuación, V_{tp} es la tensión de salida medida del sensor 41 de temperatura primario. T_s es un valor de temperatura calibrado del sensor 51 de temperatura de referencia basándose 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 41 de temperatura primario calculadas basándose en los tres valores predeterminados de temperatura de la fuente de radiación, las tres tensiones de salida medidas correspondientes del sensor de temperatura primario, y las tres características medidas correspondientes del sensor 51 de temperatura de referencia. Puede utilizarse 241 más de tres condiciones de medición sin apartarse del ámbito de la invención reivindicada. En el ejemplo mencionado anteriormente, por ejemplo, se utilizan cinco condiciones de medición. En este caso, técnicas estándar de ajuste de curvas u otras técnicas matemáticas, pueden utilizarse para extraer los coeficientes de calibración de las características medidas y las temperaturas de radiación expuestas.

Los coeficientes de calibración se cargan después en la memoria 71 no volátil del termómetro para su aplicación a la segunda ecuación de calibración para mejorar la precisión de la temperatura calculada con la segunda ecuación de calibración basándose en la salida del sensor 51 de temperatura de referencia. al calibrar tanto el sensor 51 de

temperatura de referencia como el sensor 41 de temperatura primario, se puede mejorar la precisión del termómetro calibrado 21 y se puede reducir el número de puntos de datos requeridos para la calibración.

5 Como entendería un experto en la materia, la calibración 209 del sensor 51 de temperatura de referencia y la calibración 215 del sensor 41 de temperatura primario pueden ocurrir al mismo tiempo. Por ejemplo, el procedimiento 201 puede controlar la temperatura del sensor 51 de temperatura de referencia mientras se expone el sensor 41 de temperatura primario a una primera fuente de radiación a un valor de temperatura predeterminado de la primera fuente sin apartarse del ámbito de la presente invención.

10 En todavía otra realización alternativa, calibrar 209 el sensor 51 de temperatura de referencia comprende controlar 105 la temperatura del sensor de temperatura de referencia a no más de tres valores de temperatura distintos. En la misma encarnación, calibrar 215 el sensor 41 de temperatura primario comprende exponer 221 el sensor de temperatura primario a no más de tres fuentes de radiación distintas a tres valores de temperatura de fuente predeterminada, distintos.

TERMÓMETRO TIMPÁNICO

15 En otra realización alternativa, un termómetro 21 timpánico (véase Figura 1) comprende un sensor 41 de temperatura primario, adaptado para determinar la temperatura de una membrana timpánica en función de la radiación emitida por la membrana timpánica, generalmente como se ha expuesto anteriormente. El termómetro 21 timpánico comprende además un sensor 51 de temperatura de referencia que responde a una temperatura extraña que afecta al sensor 41 de temperatura primario. El sensor 51 de temperatura de referencia puede calibrarse como se ha descrito en detalle anteriormente. En un ejemplo, el sensor 41 de temperatura primario es una termopila y el sensor 51 de temperatura de referencia es una resistencia dependiente de la temperatura. En todavía otro ejemplo, la resistencia 51 dependiente de la temperatura está incrustada en la termopila 41. Aunque la resistencia 51 dependiente de la temperatura puede estar incrustada en cualquier porción de la termopila 41, en un ejemplo, la resistencia dependiente de la temperatura está incrustada en las uniones frías de la termopila, puesto que estas porciones de la termopila no están normalmente expuestas a la fuente de radiación.

25 Ejemplo

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

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

30 En particular, la temperatura del sensor de temperatura de referencia puede controlarse a 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 se pueden resolver para a, b y c como sigue:

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

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

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

35 Dejando: $K_1 = R_{25} - R_{40}$ $K_2 = R_{10} - R_{40}$ $K_3 = R_{10} - R_{25}$
 $K_4 = R_{40}^2 - R_{25}^2$ $K_5 = R_{10}^2 - R_{40}^2$ $K_6 = R_{25}^2 - R_{10}^2$

En la que:

40 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);
 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).

Después de resolver estas ecuaciones para a, b y c, se conoce el comportamiento del sensor de temperatura de referencia 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 a mano, la siguiente ecuación se puede utilizar para determinar los coeficientes de calibración para la relación entre la temperatura de la fuente de radiación expuesta al sensor de temperatura primario y la salida del sensor de temperatura primario.

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

en la que V_{tp} es la tensión de salida medida del sensor de temperatura primario en μ Voltios, T_s es un valor de temperatura calibrado del sensor de temperatura de referencia en grados Kelvin (basándose 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 calculadas basándose en los tres o más, valores predeterminados de temperatura de la fuente de radiación, las tres, o más, tensiones de salida medidas correspondientes del sensor de temperatura primario, y las tres, o más, características medidas correspondientes del sensor de temperatura de referencia. Por ejemplo, varias temperaturas ambientes diferentes del sensor de temperatura de referencia (T_s) se utilizarán para determinar el coeficiente f, que es representativo de las dependencias de temperatura de la termopila. Como comprendería fácilmente un experto en la materia, la ecuación de cuarto orden antes mencionada se puede resolver para una solución real positiva, una solución real, negativa y dos soluciones complejas, aunque solo se utiliza la solución real positiva al determinar los coeficientes de calibración.

Los expertos en la materia notarán que el orden de ejecución o realización de los procedimientos ilustrados y descritos en el presente documento no es esencial, a menos que se especifique lo contrario. Es decir, los inventores contemplan que los elementos de los procedimientos se pueden realizar en cualquier orden, a menos que se especifique lo contrario, y que los procedimientos pueden incluir más o menos elementos que los desvelados en el presente documento.

Al introducir elementos de la presente invención o la una o más realizaciones de la misma, los artículos "un", "una", "el/la", y "dicho/dicha" 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 distintos de los elementos enumerados.

Como se podrían realizar varios cambios en los productos y procedimientos anteriores sin apartarse del ámbito de la invención, se pretende que toda materia contenida en la descripción anterior y mostrada en los dibujos adjuntos deben interpretarse como ilustrativas y no en sentido limitante.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para calibrar un termómetro (21), comprendiendo dicho termómetro un sensor (41) de temperatura primario y una resistencia dependiente de la temperatura como sensor (51) de temperatura de referencia, estando dicho sensor (51) de temperatura de referencia situado cerca del sensor de temperatura primario y respondiendo a una temperatura extraña que afecta al sensor (41) de temperatura primario, comprendiendo dicho procedimiento:
 5 una vez situado el sensor (51) de temperatura de referencia, calibrar el sensor (51) de temperatura de referencia, en el que dicha calibración del sensor de temperatura de referencia comprende:

controlar la temperatura del sensor (51) de temperatura de referencia a un primer valor de temperatura,
 10 medir un valor de resistencia del sensor (51) de temperatura de referencia en dicho primer valor de temperatura, controlar la temperatura del sensor (51) de temperatura de referencia a un segundo valor de temperatura diferente al primer valor de temperatura,
 medir un valor de resistencia del sensor (51) de temperatura de referencia en dicho segundo valor de temperatura,
 controlar la temperatura del sensor (51) de temperatura de referencia a un tercer valor de temperatura, y
 15 medir un valor de resistencia del sensor de temperatura de referencia en dicho tercer valor de temperatura, utilizando el primer, segundo y tercer valores de temperatura y los tres valores de resistencia medidos correspondientes para resolver una ecuación de calibración para derivar coeficientes de calibración *a*, *b* y *c*, en el que la ecuación de calibración es:

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

20 en la que T_s es la temperatura del sensor de temperatura de referencia, R es el valor de resistencia del sensor de temperatura de referencia, y *a*, *b*, y *c* son los coeficientes de calibración del sensor de temperatura de referencia calculados basándose en los tres valores de temperatura y los tres valores de resistencia medidos correspondientes;
 almacenar los valores derivados de dicho primer, segundo y tercer coeficientes de calibración de referencia diferentes en una memoria (71) del termómetro (21); y
 25 calibrar el sensor (41) de temperatura primario usando dichos valores derivados de dicho primer, segundo y tercer coeficientes de calibración de referencia diferentes;
 en el que dicha calibración del sensor (41) de temperatura primario comprende además:

exponer el sensor (41) de temperatura primario a una primera fuente de radiación a un valor de temperatura
 30 predeterminado de la primera fuente;
 medir la tensión de salida del sensor (41) de temperatura primario durante la exposición del sensor (41) de temperatura primario a la primera fuente de radiación;
 medir la característica del sensor (51) de temperatura de referencia durante la exposición del sensor (41) de temperatura primario a la primera fuente de radiación;
 35 exponer el sensor (51) de temperatura primario a una segunda fuente de radiación que emite una cantidad diferente de radiación a un valor de temperatura predeterminado de la segunda fuente;
 medir la tensión de salida del sensor (41) de temperatura primario durante la exposición del sensor (41) de temperatura primario a la segunda fuente de radiación;
 medir la característica del sensor (51) de temperatura de referencia durante la exposición del sensor de
 40 temperatura primario a la segunda fuente de radiación; y
 utilizar las tensiones de salida medidas, los valores de resistencia medidos del sensor (51) de temperatura de referencia, y los valores de temperatura predeterminados de las fuentes de radiación para resolver una segunda
 ecuación de calibración, relacionando dicha segunda ecuación de calibración la tensión de salida medida del
 45 sensor (41) de temperatura primario, la característica medida del sensor (51) de temperatura de referencia, y los valores de temperatura predeterminados de las fuentes de radiación para su uso en la calibración del sensor (41) de temperatura primario.

2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sensor (41) de temperatura primario comprende una termopila.

3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende además:

50 exponer el sensor (41) de temperatura primario a una tercera fuente de radiación a un valor predeterminado de temperatura de la tercera fuente;
 medir la tensión de salida del sensor (41) de temperatura primario durante la exposición del sensor (41) de temperatura primario a la tercera fuente de radiación; y
 medir la característica del sensor (51) de temperatura de referencia durante la exposición del sensor (41) de temperatura primario a la tercera fuente de radiación.

55 4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha utilización comprende utilizar el primer,

segundo y tercer valores predeterminados de temperatura de la fuente de radiación, las tres tensiones de salida medidas correspondientes, y las tres características medidas correspondientes para resolver la siguiente segunda ecuación de calibración para d, a y f:

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

- 5 en la que V_{tp} es la tensión de salida medida del sensor (41) de temperatura primario,
 T_s es un valor de temperatura calibrado del sensor (51) de temperatura de referencia basándose en la característica medida del sensor (41) de temperatura de referencia,
 T_t es el valor de temperatura de la fuente de radiación, y
- 10 d , e , y f son los coeficientes de calibración del sensor (51) de temperatura primario calculados basándose en los tres valores de temperatura de la fuente de radiación predeterminados, las tres tensiones de salida medidas correspondientes del sensor (41) de temperatura primario, y las tres características medidas correspondientes del sensor (51) de temperatura de referencia.
5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha calibración del sensor (51) de temperatura de referencia y dicha calibración del sensor (41) de temperatura primario se producen al mismo tiempo.

FIG. 1

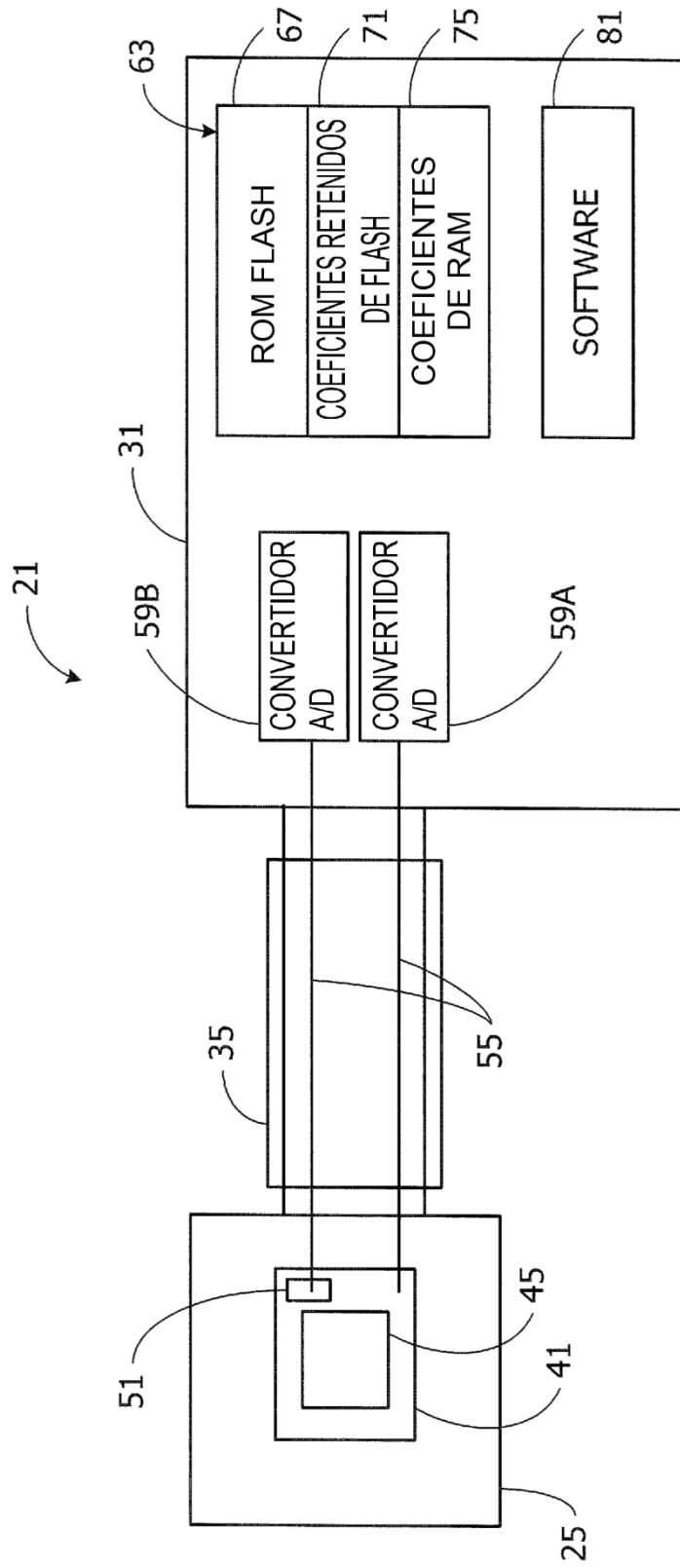


FIG. 2

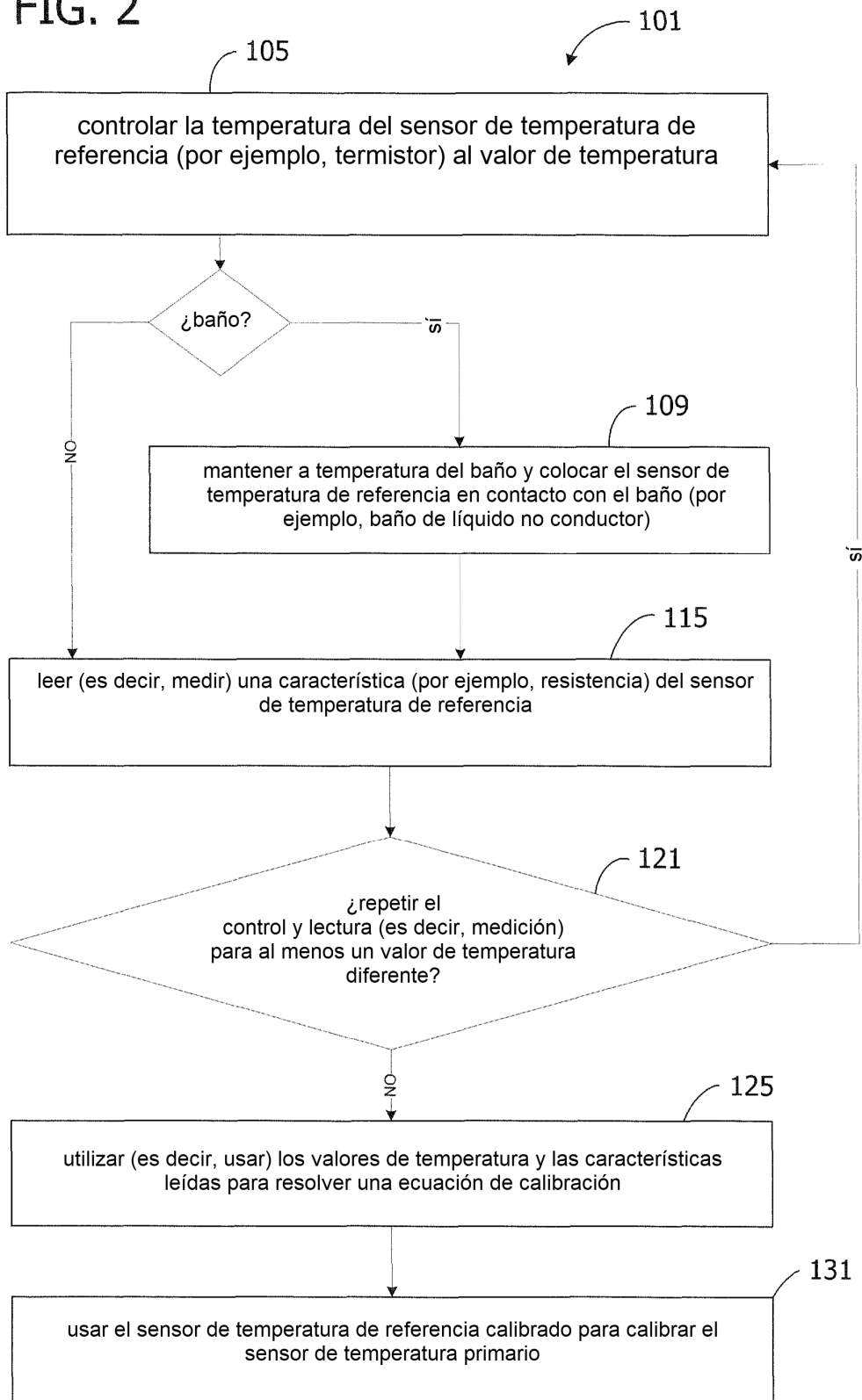


FIG. 3

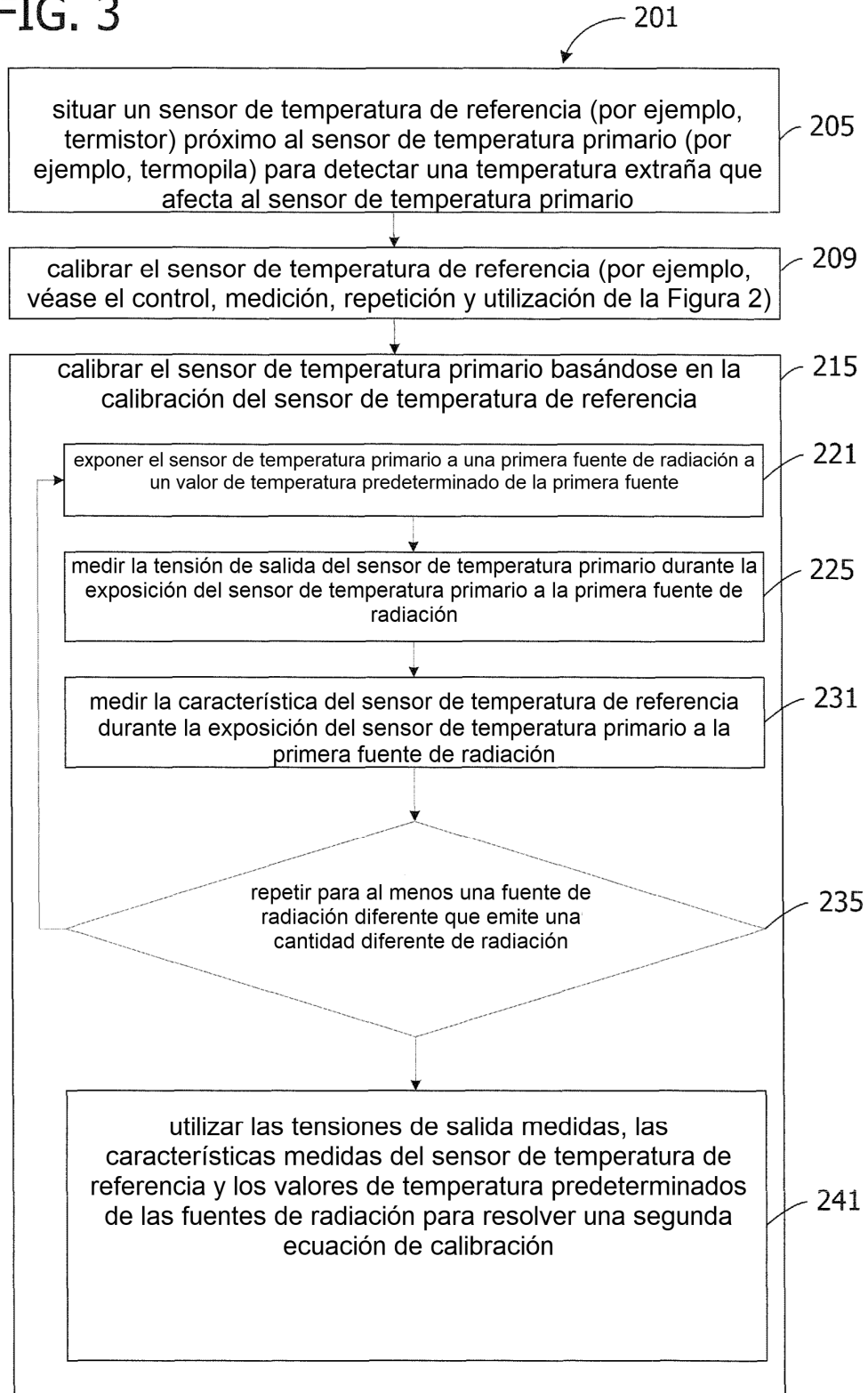


FIG. 4

