

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 677**

51 Int. Cl.:

G01K 15/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.07.2011** **PCT/EP2011/062753**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.03.2012** **WO12028387**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2011** **E 11741169 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016** **EP 2612122**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la calibración in situ de un termómetro**

30 Prioridad:

31.08.2010 DE 102010040039

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

28.04.2017

73 Titular/es:

ENDRESS+HAUSER WETZER GMBH+CO. KG
(100.0%)

Obere Wank 1
87484 Nesselwang, DE

72 Inventor/es:

SEEFELD, PETER;
BUCHNER, REINHARD;
BOGUHN, DIRK y
SCHALLES, MARC

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 610 677 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

Procedimiento y dispositivo para la calibración in situ de un termómetro

La invención se refiere a un dispositivo para la calibración in situ de un termómetro, en el que el dispositivo presenta un sensor de temperatura para la determinación de una temperatura.

5 La invención se refiere, además, a un método para la calibración in situ de un termómetro.

La calibración de termómetros es realizada en la actualidad habitualmente en baños de calibración, hornos o dispositivos de punto fijo. Una célula de punto fijo correspondiente se describe, por ejemplo, en el documento de patente DE 102004027072 B3. En este caso, el desvío de medición del termómetro a ser calibrado es determinado en valores de temperatura determinados también como valores de temperatura fijos. Para ello, el termómetro se desmonta del punto de medición, se incluye en el dispositivo de calibración y se calibra. No obstante, este tipo de calibración es complejo en virtud del desmontaje necesario del termómetro. Por esta razón, es conocido del estado de la técnica calibrar el termómetro en el estado instalado. Se conoce por el documento de publicación de patente DE 19941731 A1, una célula de punto fijo de este tipo miniaturizada e integrada en un termómetro. En este caso, se propone incluir el sensor de temperatura a ser calibrado en una célula presente en un elemento de medición, cuya célula se llena con una sustancia de punto fijo, en la mayoría de las veces un metal o una aleación eutéctica. Si la sustancia de punto fijo se lleva a la fusión o solidificación, el termómetro medirá la temperatura de punto de fusión. La temperatura de punto de fusión medida podrá entonces ser comparada con una temperatura de punto de fusión depositada. En este caso, es desventajoso que sea necesaria una célula adicional para encapsular la sustancia de punto fijo. De ese modo, la dinámica, es decir, el tiempo de respuesta a alteraciones de temperatura del termómetro empeora. Además de ello, la sustancia de punto fijo puede salir, dependiendo de las circunstancias, de la célula, y así destruir el termómetro.

Se conoce por el documento de patente DE 4032092 C2 un procedimiento para calcular la temperatura de materiales ferromagnéticos, en los cuales la alteración brusca de la absorción de calor, en el intervalo de la temperatura de Curie, no puede ser detectada por la medición por medio de un termoanalizador de barrido diferencial y por esta razón están previstos dispositivos adicionales para la aplicación de un campo magnético.

El documento de patente DE 19805184 A1 describe un procedimiento para el cálculo de la temperatura de un elemento piezoeléctrico. En este caso, a través de la capacidad del elemento piezoeléctrico se determina la temperatura del elemento piezoeléctrico.

Además, el documento de patente DE 102005029464 B4 trata sobre la compensación de interferencias piezoeléctricas sobre un circuito integrado semiconductor.

El documento de patente DE 102004003853 B4 se refiere a disposiciones de circuito integrado en un sustrato de semiconductores y a un concepto para compensar la influencia negativa de un componente de estrés mecánico en el sustrato de semiconductor sobre la precisión de parámetros y estabilidad de parámetros de una disposición de circuito integrado en el sustrato de semiconductor.

Finalmente, el documento de patente DE 69130843 T2 se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la determinación de la temperatura de un oscilador de cristal piezoeléctrico.

El documento de patente publicado DE 19954164 A1 describe un sensor para la medición de cargas mecánicas, que actúan sobre una superficie de un componente mecánico.

Se conoce por el documento patente EP 1247268 B2 otro tipo de la calibración in situ de varios sensores de temperatura integrados. En este caso, en un elemento de inserción de termómetro están incorporados, adicionalmente a un sensor de temperatura primario, uno o varios elementos de referencia en forma de sensores de temperatura. Estos se diferencian normalmente en cuanto a la estructura o al material empleado del sensor de temperatura primario, y por esta razón presentan, en comparación con el sensor de temperatura primario, otros efectos de envejecimiento y derivaciones características que éste. Así, se utilizan, por ejemplo, paralelamente a sensores de resistencia Pt100 primarios, semiconductores - las así denominadas resistencias NTC/PTC como elementos de referencia. La desventaja significativa de estas disposiciones reside en el hecho de que como referencia sólo se pueden emplear sensores con otra línea característica u otras propiedades de envejecimiento durante la aplicación. Estos necesitan aún ser conocidos más detalladamente o las alteraciones de línea característica por envejecimiento deben ser menores que en el caso del sensor de temperatura primario. Precisamente en el caso de la calibración/validación de termómetros de resistencia, que son ya muy estables a largo plazo en amplios intervalos de temperatura, esto no era hasta ahora viable.

Por esta razón es misión de la presente invención posibilitar una calibración o validación estable a largo plazo de un sensor de temperatura.

El problema se resuelve de acuerdo con la invención, debido a que está previsto un elemento de referencia para la calibración del sensor de temperatura, componiéndose el elemento de referencia, al menos parcialmente, de un

material ferroeléctrico que experimenta, en el intervalo de temperaturas relevante para la calibración del sensor de temperatura, una conversión de fase a una temperatura por lo menos preestablecida.

La invención se refiere, por lo tanto, a la calibración in situ de termómetros, en la que el sensor de temperatura (sensor primario) se calibra o valida con ayuda de, por ejemplo, un sensor secundario (elemento de referencia) presente asimismo en el elemento de inserción de temperatura incorporado. El cambio de fase y la alteración a ello asociada de por lo menos una parte de las propiedades físicas del elemento de referencia pueden ser utilizadas para calibrar el sensor de temperatura. El elemento de referencia está compuesto en este caso, al menos parcialmente, de un material ferroeléctrico que presenta, en el intervalo de temperaturas relevante para la calibración, uno o varios cambios de fases, especialmente en el estado sólido. Estos cambios de fases ocurren en valores de temperatura predeterminados – estables a largo plazo y fijo, conocidos. Si se rebasa una de estas temperaturas de cambio de fase, principalmente la temperatura de Curie, de modo que se inicie un cambio de fase, entonces se establece un transcurso marcado, principalmente de las constantes de dielectricidad del material ferroeléctrico como función de la temperatura, que puede ser utilizado para la calibración. Dado que la polarización del material ferroeléctrico desaparece en el caso de una transición de fases que ocurre a la temperatura de Curie del estado ferroeléctrico a un estado paraeléctrico. El material, del cual se compone, al menos en parte, el elemento de referencia se torna entonces paraeléctrico. Asimismo, naturalmente es posible utilizar la transición de fases del estado paraeléctrico al estado ferroeléctrico del material, del cual el elemento de referencia es hecho al menos parcialmente con el fin de calibrar o bien validar el sensor de temperatura.

Se entiende por material ferroeléctrico, también llamado ferroeléctrico, los materiales que también poseen una polarización eléctrica sin que sea aplicado un campo eléctrico, especialmente por debajo de la temperatura de Curie. Esta polarización debe ser atribuida a la estructura cristalina del material ferroeléctrico. Si un elemento de condensador está constituido por un material ferroeléctrico de este tipo, será posible detectar una alteración típica, a menudo brusca, de las propiedades dieléctricas a través de la alteración correspondiente de su capacidad eléctrica. Alteraciones que continuamente se manifiestan de las constantes de dielectricidad con la temperatura tal como se describe, por ejemplo, en el documento de patente DE 4035952 C1, para la medición de temperatura continua, no son en este caso consideradas. Únicamente las alteraciones casi discontinuas (prácticamente brascas) físicas, es decir, eléctricas o dieléctricas del material ferroeléctrico que sirve preferiblemente como dieléctrico de un elemento de condensador en el caso del cambio de fases, pueden ser detectadas y analizadas. Materiales ferroeléctricos conocidos son, por ejemplo, titanato de bario, zirconato-titanato de plomo, tantalato de estroncio y bismuto, etc. Otros materiales ferroeléctricos de este tipo también son conocidos del estado de la técnica.

Si se emplea como elemento de referencia un elemento de condensador, entonces la medición de la capacidad del elemento de condensador en este caso puede tener lugar de acuerdo con un principio de capacidad conocido del estado de la técnica. La forma de la capacidad y la disposición de electrodos, que forman el elemento de condensador, se pueden seleccionar también de modo relativamente libre. Es imaginable, por ejemplo, una realización como condensador con placas o como cilindro.

Alternativamente, el material ferroeléctrico puede ser empleado también como sustrato de soporte, sobre el cual, por ejemplo en la técnica de capa delgada, se aplican estructuras de resistencia. Las alteraciones volumétricas del material ferroeléctrico que se manifiestan en la temperatura de Curie u otras temperaturas con un cambio de fase de la estructura cristalina del material ferroeléctrico producen una alteración característica de la resistencia óhmica de la estructura de resistencia.

Por lo tanto, se propone un elemento de referencia que, integrado en un termómetro, proporcione una temperatura de punto fijo típica del material (p. ej., la temperatura Curie del material ferroeléctrico empleado, por ejemplo, como dieléctrico). En él, el propio sensor de temperatura puede ser regularmente recalibrado – a saber se puede determinar el desvío de su indicación de la temperatura de punto fijo.

A diferencia del estado de la técnica, no se analiza, por lo tanto, una alteración de línea característica específica de la temperatura, a menudo conocida sólo de forma limitada de un elemento de referencia, tal como, por ejemplo, de un sensor secundario, y tampoco se infiere a partir de las propiedades temporalmente modificadas del elemento de referencia sobre las propiedades del sensor a ser calibrado. Alteraciones de líneas características presentes del sensor de temperatura pueden ser detectadas y documentadas más bien directamente y con mucha más precisión y reproducibilidad a través de una calibración de punto fijo de este tipo y también a lo largo de un período más largo. Partiendo de esta base, puede tener lugar una autovalidación automática y una previsión de la derivación del elemento sensor de temperatura. Tanto la calibración de un punto concreto en la temperatura de punto fijo como también la validación opcionalmente derivada de ella y la vigilancia del envejecimiento del termómetro o del sensor de temperatura pueden ser implementados para esta finalidad en un sistema electrónico de medición, tal como, por ejemplo, un transmisor de temperatura.

De este modo, por ejemplo, a partir del transcurso de la capacidad medida del elemento de referencia se puede determinar el momento exacto del cambio de fase en el caso de la temperatura de cambio de fase específica conocida del material ferroeléctrico. A partir de los valores de medición, registrados continuamente en paralelo, del sensor de temperatura a ser calibrado (por ejemplo un Pt100) es posible determinar, en especial de forma directa en un sistema electrónico de evaluación en el lugar del termómetro o también en un momento posterior o también en

una unidad de evaluación remota, calcular aquel valor de medición de la temperatura que pueda ser asociado al momento del cambio de fase y, por lo tanto, a la temperatura de punto fijo conocida. A través de la determinación de la diferencia entre la temperatura medida por el sensor de temperatura y la temperatura teórica de punto fijo tiene lugar la validación y/o calibración del sensor de temperatura y del termómetro. Son también posibles una corrección de la línea característica del sensor de temperatura, una indicación de la incerteza de la medición o una indicación de una derivación de línea característica por un período de tiempo definido o su historia.

En una realización del dispositivo, en el caso del material ferroeléctrico se trata de un cuerpo sólido. Esto, en comparación con el estado de la técnica, ofrece la ventaja de que no está presente sustancia de punto fijo alguna en forma de un líquido y que no es necesaria célula especial alguna para incorporar la sustancia de punto fijo, y que tampoco se perjudica el comportamiento de respuesta del sensor de temperatura, en cuanto a alteraciones de temperatura.

En otra realización del dispositivo, el material ferroeléctrico presenta una estructura cristalina y en el caso del cambio de fase se transforma la estructura cristalina del material ferroeléctrico. Además del caso de la temperatura Curie ya mencionado, puede producirse también en el caso de otras temperaturas un cambio de la estructura cristalina del material ferroeléctrico. En el caso del titanato de bario, este también es el caso, por ejemplo, a temperaturas de aproximadamente -90°C y aproximadamente 5°C . También en el caso de estas otras temperaturas se puede comprobar entonces un cambio en las propiedades eléctricas o bien dieléctricas o volumétricas del material ferroeléctrico y ser utilizado para la calibración o validación del sensor de temperatura. En otra configuración del dispositivo el material ferroeléctrico también presenta propiedades eléctricas o dieléctricas que se modifican en el cambio de fases.

En otra realización del dispositivo, el elemento de referencia presenta más de un material ferroeléctrico con (respectivamente) una o varias temperaturas de referencia, que son utilizadas asimismo para la calibración o validación del termómetro, o bien del sensor de temperatura. Especialmente, el elemento de referencia está compuesto, al menos parcialmente, por más de un material ferroeléctrico.

En otra realización del dispositivo, el cambio de fase, especialmente la modificación de las propiedades eléctricas y dieléctricas del material ferroeléctrico, tiene lugar de forma brusca en el caso de al menos un valor de temperatura predeterminado. Esto se exterioriza, por ejemplo, en el caso de un transcurso escalonado del índice de dielectricidad en el intervalo del valor de temperatura preestablecido, es decir, de la temperatura de cambio de fase.

En otra realización del dispositivo, el elemento de referencia está compuesto de un elemento de condensador con un dieléctrico, componiéndose el dieléctrico del elemento de condensador, al menos en parte, del material ferroeléctrico. En el caso de un elemento de condensador también se puede utilizar para la calibración la capacidad o bien la alteración de la capacidad del elemento de condensador. La capacidad de un elemento de condensador de este tipo presenta, especialmente en el intervalo del valor de temperatura preestablecido, es decir, de la temperatura de transición de fases, también un transcurso escalonado especialmente característico.

En otra realización del dispositivo, en el caso del cambio de fase, se modifica el volumen del material ferroeléctrico. En lugar de las propiedades eléctricas, o bien dieléctricas, como ya se ha mencionado, es posible utilizar una alteración volumétrica que se produce en un cambio de fase del material ferroeléctrico con el fin de calibrar el sensor de temperatura.

En otra realización del dispositivo, el material ferroeléctrico sirve como sustrato de soporte para un sensor de temperatura. Especialmente, el sensor de temperatura y el elemento de referencia pueden estar dispuestos en un único sustrato de soporte.

En una forma de realización, en el caso de por lo menos una temperatura predeterminada tiene lugar un cambio de fase del material ferroeléctrico del sustrato de soporte de un estado ferroeléctrico a un estado paraeléctrico o bien, de un estado paraeléctrico a un estado ferroeléctrico y/o entre diferentes estructuras cristalinas. Para esta finalidad puede utilizarse un material ferroeléctrico adecuado que, por ejemplo, se emplee en el intervalo de temperaturas en el cual se emplee el termómetro o el sensor de temperatura. El cambio de fase del material ferroeléctrico por debajo de la temperatura de Curie, del cual se compone el sustrato de soporte, actúa especialmente sobre la conductividad o sobre la resistencia óhmica del sensor de temperatura aplicado sobre el sustrato de soporte. Esta alteración puede ser provocada por un cambio del estado eléctrico del material del cual se compone el sustrato de soporte y/o también a través de un cambio de la estructura cristalina del material del cual se compone el sustrato de soporte.

Ferroeléctricos tales como zirconato-titanato de plomo PZT y especialmente titanato de bario BaTiO_3 y titanato de estroncio SrTiO_3 así como mezclas de estos dos últimos disponen de cambios de fases térmicamente inducidos, manifestándose alteraciones de longitud de las constantes de red, que a su vez producen alteraciones dirigidas del volumen del sustrato de soporte y condicionan efectos de dilatación y de recalcado de las delgadas películas aplicadas. La variación de este modo condicionada por la resistencia eléctrica del elemento de resistencia puede ser medida. Por ejemplo, titanato de bario puro cristaliza en tipos de red polimorfos dentro de los siguientes intervalos de temperatura:

- cúbico $T > 120^{\circ}\text{C}$

- tetragonal $5^{\circ}\text{C} < T < 120^{\circ}\text{C}$
- ortorrómbico $-90^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$
- romboédrico $T < 90^{\circ}\text{C}$

Las variaciones medidas de la resistencia eléctrica del elemento de resistencia aplicado sobre el sustrato de soporte se adecuan para la determinación de la temperatura de transición de fase respectivamente presente.

En otra realización del dispositivo, el material ferroeléctrico sirve como sustrato de soporte para un elemento de resistencia fabricado por la técnica de capa delgada o por la técnica de capa gruesa. La variación volumétrica del material ferroeléctrico, especialmente en el caso de un sensor de temperatura aplicado sobre el material ferroeléctrico, que sirve como sustrato de soporte para la calibración. Para ello, puede utilizarse una variación característica en la resistencia óhmica del sensor de temperatura en el intervalo de temperaturas preestablecido.

En otra realización, un elemento de resistencia de este tipo, producido por la técnica de capa delgada, que presenta como sustrato de soporte un material ferroeléctrico, está provisto de una capa de metalización sobre la cara inferior del sustrato de soporte, es decir, por ejemplo, de la cara opuesta al elemento de resistencia. Por lo tanto, es posible tanto una variación del elemento de resistencia especialmente óhmico como también - bajo uso de su estructura de resistencia como un primer electrodo y la cara inferior metalizada del sustrato de soporte como segundo electrodo - una medición de la capacidad del condensador así formado. El sensor de temperatura y el elemento de referencia están reunidos, por lo tanto, en su forma constructiva de sensor y especialmente expuestos con ello esencialmente a la misma temperatura (ambiente). El elemento de resistencia, por ejemplo realizado como PT100, puede ser utilizado como sensor para la medición de la temperatura. La medición de capacidad del elemento de condensador puede servir para la determinación de la temperatura de cambio de fase y/o como referencia de calibración para el elemento de resistencia.

En otra realización del dispositivo, en el caso de la temperatura preestablecida se trata de una temperatura de cambio de fase, y el material ferroeléctrico está dotado de átomos extraños, especialmente para influir sobre la temperatura de cambio de fase y/o la formación de dominios cristalinos. Alternativamente como sustrato de soporte se puede utilizar una sustancia pura para la incorporación de películas delgadas conductoras para la medición de la resistencia dependiente de la temperatura, la cual presenta, por debajo de la temperatura de Curie, es decir, de la temperatura preestablecida o, en otras palabras, de la temperatura de cambio de fase, propiedades ferroeléctricas. En este caso, dominios cristalinos anisótropos pueden tener acción estructurante.

Además, también se pueden utilizar mezclas hechas de diferentes materiales ferroeléctricos. Estas mezclas presentan también transiciones de fases, que van acompañadas de una variación volumétrica del sustrato de soporte, variaciones volumétricas que también pueden tener efecto nuevamente sobre la conductividad o la resistencia del elemento de resistencia y servir para la determinación de la temperatura y también para la calibración del sensor de temperatura (primario).

En otra realización del dispositivo, el material ferroeléctrico, especialmente para la formación de dominios cristalinos uniformes, está dotado de iones de metales alcalino-térreos bivalentes y/o iones metálicos de grupos secundarios. Una dotación proporcional o sustitución de iones de metales alcalino-térreos bivalentes y/o iones metálicos de grupos secundarios en trazas o concentraciones de componentes secundarios por debajo del 1% puede emplearse para la formación de dominios cristalinos más uniformes en la fase ferroeléctrica por debajo de la temperatura de Curie del que sería el caso, por ejemplo, en presencia de un material puro, tal como, por ejemplo, titanato de bario. Dotaciones de este tipo inician durante la transición de fases en el estado ferroeléctrico una formación uniforme de los contornos de grano y, con ello, una reproducibilidad mejorada en función de la temperatura de la transición de fases.

En otra realización del dispositivo, la proporción de la dotación con iones alcalino-térreos bivalentes y/o iones metálicos de grupos secundarios en el material ferroeléctrico asciende a 1%.

En otra realización del dispositivo, el material ferroeléctrico, especialmente para la influencia de la temperatura de cambio de fase, está dotado de estroncio, plomo y/o titanato.

En este caso, en el que, por ejemplo, el estroncio es dotado con relación al titanato de bario en el intervalo por encima de 1%, la temperatura de Curie de titanato de bario, que normalmente se encuentra en aproximadamente 120°C , puede ser desplazada a temperaturas más bajas.

En otra realización del dispositivo, la proporción de la dotación del material ferroeléctrico con estroncio, plomo y/o titanato es de hasta un 80%. Para ajustar una dotación en el intervalo de 1% a 80%, por ejemplo, carbonato de estroncio en proporciones estequiométricas correspondientes, puede ser añadido, en lugar de carbonato de bario, al material de partida que sirve de base a un proceso de sinterización en el caso del procedimiento de fabricación por sinterización. Una dotación de, por ejemplo, plomo en el intervalo de 1% a 80% conduce a un aumento de la temperatura de cambio de fase. Para el proceso de sinterización se puede añadir en este caso carbonato de plomo al material de partida.

El cambio de fase y también, por lo tanto, la variación volumétrica del material ferroeléctrico pueden quedar por debajo de una histéresis, dependiendo de las circunstancias. Es decir, el cambio de fase se manifiesta antes o después, dependiendo de si la variación de la temperatura se realice desde una temperatura situada por encima de la temperatura de cambio de fase a una temperatura situada por debajo de la temperatura de cambio de fase, o de si la variación de temperatura se realice desde una temperatura situada por debajo de la temperatura de cambio de fase a una temperatura por encima de la temperatura de cambio de fase.

Se verificó, además, que el comportamiento de dilatación del sustrato de soporte es influenciado adicionalmente a través de tensiones mecánicas, tal como se producen durante la incorporación y el revestimiento, y depende de las tasas de calentamiento o de enfriamiento respectivamente dominantes.

En otra realización del dispositivo, una tensión que sirve para la polarización del material ferroeléctrico puede ser aplicada al material ferroeléctrico. Para ello, el dispositivo presenta medios correspondientes. A través de la aplicación de una tensión eléctrica puede influirse sobre la variación volumétrica de histéresis, bajo ciertas condiciones y dependiente de la temperatura del sustrato de soporte o del material ferroeléctrico. Dado que a través de la aplicación de una tensión se puede influir sobre la polarización de dominios cristalinos, mediante los cuales se genera el efecto ferroeléctrico. Con ello, se puede influir sobre la transición entre la fase paraeléctrica y la fase ferroeléctrica del material, del cual se compone el sustrato de soporte. Especialmente, la polaridad y la fuerza de la tensión aplicada varían. Finalmente, de esta forma, mediante aplicación de la tensión- se puede influir y valorar el comportamiento del cambio de fase histerética.

La aplicación de la tensión también puede servir para suscitar un efecto piezoeléctrico, es decir, una deformación especialmente elástica, en este caso, del sustrato de soporte. Las deformaciones que se manifiestan entonces del sustrato de soporte producen efectos también sobre el elemento de resistencia y su conductividad o bien resistencia, diferenciándose entre sí la conductividad o bien la resistencia del elemento de resistencia, especialmente, durante la fase paraeléctrica y la fase ferroeléctrica del material del que se compone sustrato de soporte. Esto también puede servir como una comprobación de un cambio de fase y puede ser utilizado para la calibración del termómetro o bien del sensor de temperatura.

Además de ello, pueden detectarse las propiedades de relajación mecánicas que actúan sobre el elemento de resistencia, especialmente el revestimiento de película delgada o bien, asimetrías de las resistencias dependientes de la temperatura, que resultan durante la aplicación o después de la aplicación de la tensión eléctrica al sustrato de soporte. Debido a las diferentes propiedades físicas, es decir, mecánicas y/o eléctricas, por ejemplo de la fase paraeléctrica y de la fase ferroeléctrica, es posible detectar un rebase de una temperatura de cambio de fase, especialmente de la temperatura de Curie.

En otra realización, para la influencia del cambio de fase próxima o justo por debajo de la temperatura de cambio de fase, especialmente de la temperatura de Curie, puede aplicarse una tensión eléctrica, cuyas alteraciones de longitud se sitúan en el orden de magnitud de hasta 1%, preferiblemente de hasta 0,1%, de la longitud del sustrato de soporte. Así, por ejemplo, en el caso de un titanato de bario puro se puede observar, debido a la tensión aplicada, ya un cambio de fase por debajo de la temperatura de Curie de 120°C. A temperaturas por encima de la temperatura de Curie se pierde el efecto piezoeléctrico, que provoca la variación en la longitud, debido a las propiedades paraeléctricas. Esto puede, a su vez, ser utilizado para la calibración del termómetro o del sensor de temperatura.

En otra realización del dispositivo, se puede aplicar una tensión que sirve para la polarización del sustrato de soporte, especialmente a través de una disposición de condensador, disposición de condensador que se compone de dos electrodos entre los cuales está dispuesto el sustrato de soporte. En este caso, el elemento de resistencia puede emplearse como uno de los dos electrodos de la disposición de condensador. En el lado opuesto del sustrato de soporte, un electrodo auxiliar puede entonces servir como el segundo de los dos electrodos de la disposición de condensador.

Una polarización del material ferroeléctrico, especialmente del sustrato de soporte, también se puede realizar por medio de dos electrodos auxiliares separados. Estos electrodos auxiliares pueden circundar directamente el elemento de resistencia o rodearlo en estructuras en formato de tiras, especialmente a modo de peine o de meandro. En este caso, los dos electrodos pueden estar eléctricamente aislados del elemento de resistencia. Sólo es importante que se genere un campo eléctrico que atraviese el sustrato de soporte, por lo menos por tramos, el cual provoque en la fase ferroeléctrica del material un efecto piezoeléctrico.

En otra realización del dispositivo el sensor de temperatura y el elemento de referencia están dispuestos en un cabezal de sensor único. En este caso, el cabezal de sensor es la parte del termómetro que queda expuesta al entorno del termómetro, cuya temperatura debe ser medida. El elemento de referencia y el sensor de temperatura pueden también quedar expuestos, con ello, esencialmente a la misma temperatura ambiente. Esto es especialmente útil con relación al uso preferido del termómetro. Ya que el dispositivo propuesto puede ser empleado, por ejemplo, en instalaciones industriales de la industria alimentaria o instalaciones en las cuales son fabricados productos farmacéuticos, en donde pueden pasar a emplearse métodos de esterilización tales como Limpieza en el Sitio - abreviada CIP, o Vapor en el Sitio - abreviada SIP. En el caso de los procedimientos mencionados anteriormente, se esteriliza, por ejemplo, con vapor caliente o agua bajo una temperatura entre 120°C

y 140°C. Este proceso puede ser utilizado para la calibración del termómetro. Ya que, por ejemplo, el titanato de bario BaTiO₃ posee una temperatura de Curie de 125°C, en la cual se manifiesta, por lo tanto, una transición de fase y se puede utilizar correspondientemente como material para la fabricación del elemento de referencia.

El elemento de resistencia, que es fabricado, por ejemplo, por la técnica de capa delgada y que presenta como sustrato de soporte un material ferroeléctrico, y eventualmente está equipado con un electrodo auxiliar en el lado opuesto del sustrato de soporte, puede ser pegado o soldado en especial directamente en la cara interna del cabezal de sensor, de modo que se forma una unión termoconductora o eléctricamente conductora muy buena entre el sustrato de soporte y el elemento de resistencia y la pared del termómetro. Se conoce una disposición similar a partir del documento de patente publicado DE 102005015691 A1. La pared típicamente metálica del termómetro sirve entonces al mismo tiempo como electrodo de condensador. Esta disposición posibilita, además, una reducción significativa de los tiempos de respuesta térmicos y desvíos de medición estática y térmicamente condicionados del termómetro.

Con relación al procedimiento, el problema se resuelve de acuerdo con la invención por el hecho de que, para la calibración se utiliza un elemento de referencia, siendo formado el elemento de referencia, al menos parcialmente, de un material ferroeléctrico y por el hecho de que, al menos a una temperatura preestablecida, se utiliza un cambio de fase del material ferroeléctrico para la calibración del sensor de temperatura.

En una realización del procedimiento se emplea como material ferroeléctrico un cuerpo sólido.

En otra realización del procedimiento, se modifican, a través de la transición de fases del cuerpo sólido compuesto al menos parcialmente de material ferroeléctrico, la estructura cristalina, el volumen y/o las propiedades dieléctricas o eléctricas del material ferroeléctrico, utilizándose al menos una de esas variaciones para la calibración del sensor de temperatura.

Los valores medidos obtenidos por el sensor de temperatura o elemento de referencia o las señales de medición pueden ser, por lo tanto, evaluados. Los valores medidos o las señales de medición pueden ser utilizados para la calibración y/o para la vigilancia del estado del sensor de temperatura o bien del termómetro.

En otra realización del procedimiento, el sensor de temperatura y el elemento de referencia son esencialmente expuestos a la misma temperatura ambiente.

En otra realización del procedimiento, el termómetro se calienta o enfría con el fin de inducir el cambio de fase del material ferroeléctrico a una temperatura preestablecida. El calentamiento o enfriamiento del termómetro, especialmente de la zona parcial del termómetro en la cual se encuentran el sensor de temperatura y el elemento de referencia, puede alcanzarse, en este caso, a través de un elemento calefactor previsto para ello o a través del proceso propiamente dicho. Para ello, por ejemplo, puede utilizarse un proceso CIP o SIP en una instalación.

Las realizaciones explicadas en relación con el dispositivo pueden ser aplicadas mutatis mutandis también al procedimiento propuesto.

En otra configuración del procedimiento, se emplea un material ferroeléctrico dotado de átomos extraños, especialmente para influir en la temperatura de cambio de fase y/o la formación de dominios cristalinos.

En otra realización del procedimiento, se emplea un material ferroeléctrico dotado de iones alcalino-térreos bivalentes y/o iones metálicos de grupos secundarios para la formación de dominios cristalinos uniformes.

En otra realización del procedimiento, se emplea un material ferroeléctrico dotado de estroncio, plomo y/o titanato, especialmente para influir en la temperatura de cambio de fase.

En otra realización del procedimiento, se aplica una tensión al material ferroeléctrico que sirve para la polarización del material ferroeléctrico.

En otra realización del procedimiento se aplica al sustrato de soporte una tensión que sirve para la polarización del sustrato de soporte, especialmente por medio de una disposición de condensador, que se compone de dos electrodos, entre los cuales está dispuesto el sustrato de soporte.

La invención se explica más detalladamente con ayuda de los dibujos siguientes. Muestran:

La Fig. 1: una representación esquemática de un termómetro con un elemento de referencia en forma de un condensador de placas,

la Fig. 2: una representación esquemática de una realización en la cual un sensor de temperatura forma un electrodo de un elemento de referencia proyectado como condensador de placa,

la Fig. 3: una representación esquemática del transcurso del índice de dielectricidad de un material ferroeléctrico en función de la temperatura,

la Fig. 4: una representación esquemática de la preparación del valor de medición de acuerdo con una realización de la invención propuesta, y

la Fig. 5: una representación esquemática de una realización en la que se utiliza para la calibración la variación de la resistencia eléctrica a una temperatura de cambio de fase de un sensor de temperatura dispuesto sobre un sustrato de soporte.

La Figura 1 muestra un elemento de inserción de termómetro TE en el que se disponen en forma de un condensador de placas un sensor de temperatura S, así como un elemento de referencia K. En este caso, el sensor de temperatura S y el elemento de referencia K están eléctricamente aislados entre sí. El sensor de temperatura S se conecta, en el ejemplo de realización mostrado, por la técnica de cuatro-conductores, es decir, están previstos cuatro conductores de conexión 4L, siendo solicitados dos con una corriente y sirviendo dos para la toma de una tensión de medición. Naturalmente, también es posible utilizar otros tipos de conexión tales como, por ejemplo, la técnica de dos o tres conductores para el sensor de temperatura S. También es imaginable seleccionar otro tipo de sensor de temperatura S que la resistencia de medición aquí mostrada.

Para evitar un error de medición dinámico y/o estático, el elemento de referencia K, que está compuesto, al menos parcialmente, de un material ferroeléctrico, se dispone al lado del sensor de temperatura S y se encuentra, por lo tanto, con la suficiente precisión, a la misma temperatura de éste. En la Figura 1 el elemento de referencia K se dispone esencialmente a la misma altura pero distanciado del sensor de temperatura S en el elemento de inserción de temperatura TE. En este caso, el elemento de referencia K se compone de dos electrodos E dispuestos diametralmente entre sí, que quedan separados entre sí a través de un dieléctrico D, componiéndose el dieléctrico D de un material ferroeléctrico, en este caso titanato de bario. El elemento de inserción de temperatura TE, por ejemplo, puede emplearse en un cabezal de sensor que está compuesto, por ejemplo, de un tubo de protección. Junto al tubo de protección, a su vez, puede estar incorporado un transmisor de temperatura que sirve para generar valores de medición a partir de las señales de medición del elemento de referencia y del sensor de temperatura. El tubo de protección también puede disponer de una conexión de proceso a través de la cual se puede conectar por ejemplo, a un recipiente tal como un tubo o un tanque.

En el ejemplo de realización de acuerdo con la Figura 1, el sensor de temperatura S a ser calibrado, por ejemplo, una resistencia de capa delgada Pt100 y en la técnica de cuatro conductores 4L, se conecta a un sistema electrónico de evaluación. En este caso, el sistema electrónico de evaluación puede disponerse también en el transmisor de temperatura. El elemento de referencia K está realizado en forma de un elemento de condensador con una capacidad, y se conecta por la técnica de dos conductores a un sistema electrónico de evaluación, no mostrado. El sensor de temperatura y el elemento de referencia se integran en el elemento de inserción de termómetro TE y se fijan con un material eléctricamente aislante, un aislante I, en la punta del elemento de inserción de termómetro. Las señales de medición recogidas por el sensor de temperatura y por el elemento de referencia pueden ser aportadas, por lo tanto, para fines de evaluación de un sistema electrónico de evaluación especialmente conjunto. En el caso de las señales de medición puede tratarse, por ejemplo, de la señal de medición que representa el elemento de referencia K realizado como elemento de condensador o bien de una señal de medición que representa una resistencia del sensor de temperatura.

De acuerdo con el ejemplo de realización mostrado en la Figura 2, el elemento de referencia se integra conjuntamente con el sensor de temperatura, es decir, el sensor primario del termómetro, en una forma constructiva de sensor. Esto significa que, por ejemplo, el material ferroeléctrico funciona como sustrato de soporte para una resistencia de capa delgada dispuesto sobre ella o un cable de termoelemento o de resistencia enrollado en torno al material ferroeléctrico. En el caso del sensor de temperatura S a ser calibrado se trata preferiblemente de una resistencia de medición Pt100. Sin embargo, a diferencia de la forma de realización de acuerdo con la Figura 1, su capa de platino sensible se aplica sobre un sustrato de soporte de material ferroeléctrico. Por lo tanto, el sustrato de soporte sirve, por un lado, como soporte del sensor de temperatura S, en este caso de la resistencia de medición, pero, por otro lado, sirve también como dieléctrico del elemento de referencia configurado como elemento de condensador (sensor secundario), de modo que resulta un tipo de sensor doble. El elemento de referencia está construido, también en el ejemplo de realización de acuerdo con la Figura 2, como elemento de condensador, formando la capa de platino que sirve como resistencia de medición del sensor de temperatura un electrodo, el así llamado electrodo frontal FE. En la cara opuesta del sustrato de soporte se encuentra el segundo electrodo, el así llamado electrodo trasero RE. En el presente ejemplo de realización de acuerdo con la Figura 2, el electrodo frontal FE posee dos cables de conexión que se utilizan tanto para la medición de resistencia como para la medición de la capacidad, mientras que el electrodo trasero RE presenta solo un cable de conexión para la medición de la capacidad. Naturalmente, son posibles también otras disposiciones convenientes de los electrodos y cables de conexión para integrar en solo un sustrato de soporte, tanto una resistencia de medición como una capacidad eléctrica. El número de los cables de conexión aplicados puede ser adaptado de acuerdo con la conexión de medición empleada. La forma constructiva de sensor mostrada en la Figura 2 puede estar integrada, de modo análogo a la forma de realización de acuerdo con la Figura 1, en un sensor de temperatura incorporado. Eventualmente, capas de pasivación necesarias o alivios de tracción de los cables de conexión no aparecen ilustrados en la Figura 2 para una mejor visión general.

Como material para el sustrato de soporte de acuerdo con las variantes de realización en la Figura 1 y la Figura 2, se

puede utilizar, por ejemplo, el ferroeléctrico titanato de bario que tiene en aproximadamente 125°C su temperatura de Curie. A esta temperatura tiene lugar uno de sus cambios de fase. Por encima de la temperatura de Curie el titanato de bario presenta una red cristalina cúbica, por debajo de ella, una red cristalina tetragonal. El titanato de bario presenta, también a otras temperaturas transiciones de fase de la estructura cristalina que se pueden utilizar también para la calibración. Por lo tanto, si el termómetro se calienta por encima de 125°C o se enfría por debajo de 125°C, se induce un cambio de fase, en el cual el transcurso de la constante de dielectricidad adopta un valor máximo (véase la Figura 3). La temperatura T_{Ph} de este máximo se conoce exactamente para el titanato de bario y no es variable. Como la temperatura del sensor de temperatura S se mide simultáneamente con, por ejemplo, la capacidad del elemento de referencia, que sirve en cierta medida como sensor secundario, es posible comparar la temperatura de cambio de fase T_{Ph} conocida con la temperatura medida por el sensor de temperatura S en el microprocesador μC y calcular la desviación del sensor de temperatura. La Figura 3 muestra el transcurso del índice de dielectricidad ϵ en función de la temperatura T en el intervalo en el cual, con un valor de temperatura T_{Ph} preestablecido, se realiza una transición de fase del material ferroeléctrico. En este caso, se muestra a título de ejemplo el transcurso del índice de dielectricidad ϵ de titanato de bario a la temperatura de Curie. A temperaturas por debajo o por encima de la temperatura de transición de fase T_{Ph} el índice de dielectricidad ϵ oscila sólo ligeramente. Precisamente a la temperatura preestablecida el índice de dielectricidad ϵ alcanza bruscamente el nivel máximo. Este nivel máximo del índice de dielectricidad o también otros puntos reproducibles, especialmente en un transcurso de la curva en torno a una temperatura de transición de fase T_{Ph} , pueden utilizarse como punto fijo o punto de referencia para la calibración del sensor de temperatura S.

La Figura 4 muestra una representación esquemática del modo de funcionamiento de una realización de la presente invención. Por medio de un sensor de temperatura S se lleva a cabo una medición de la temperatura T_M . Si en el caso del elemento de referencia K se trata de un elemento de condensador, por ejemplo de acuerdo con la realización en la Figura 1, entonces se lleva a cabo una medición de la capacidad. También son imaginables otros parámetros físicos como magnitud de medición del elemento de referencia, a los que se recurre para la calibración del sensor de temperatura. La medición de la capacidad y la determinación de la temperatura pueden llevarse a cabo en este caso por un sistema electrónico de evaluación. En un microprocesador μC se evalúan los valores de medición así recogidos de la capacidad del elemento de condensador y de la temperatura del sensor de temperatura S, al compararlos, por ejemplo, entre sí y/o con valores depositados, y opcionalmente se lleva a cabo una calibración del sensor de temperatura S. La calibración puede tener lugar, por ejemplo, en el caso de la presencia de una desviación del sensor de temperatura S, medido con respecto al valor de temperatura efectivamente presente, que sobrepasa un valor umbral predeterminado. En este caso, el microprocesador puede ser también parte del sistema electrónico de evaluación. Los valores de medición del elemento de referencia y del sensor de temperatura pueden también ser comunicados a través del sistema electrónico de partida del termómetro, por ejemplo, en un sistema electrónico de evaluación remoto, no mostrado.

La Figura 5 muestra otro ejemplo de realización de la presente invención. Como sensor de temperatura S en este caso sirve un elemento de resistencia W, que está colocado sobre un material ferroeléctrico, que sirve como sustrato de soporte TS. En el ejemplo de realización mostrado en la Figura 5, el elemento de resistencia W se dispone en forma de meandro sobre el sustrato de soporte TS y se contacta por la técnica de cuatro puntos. En la cara opuesta al elemento de resistencia W del sustrato de soporte TS está dispuesto un electrodo auxiliar H especialmente plano. A través del electrodo auxiliar H se puede aplicar una tensión eléctrica al sustrato de soporte TS de modo que un campo eléctrico atraviese el sustrato de soporte TS al menos parcialmente. A través de la aplicación de un campo eléctrico al sustrato de soporte TS, puede determinarse una deformación mecánica del sustrato de soporte TS de acuerdo con el efecto piezoeléctrico. A partir de la deformación pueden sacarse conclusiones sobre la fase momentánea del material, de la cual se compone el sustrato de soporte TS. A partir de esto se puede verificar entonces si la temperatura de cambio de fase T_{Ph} fue sobrepasada. Esta temperatura de cambio de fase T_{Ph} sirve entonces como punto fijo para la calibración del elemento de resistencia W. Además, por medio de la tensión aplicada puede generarse una polarización del sustrato de soporte TS ferroeléctrico. A partir de la polarización inducida se pueden sacar entonces conclusiones sobre la fase momentánea del sustrato de soporte TS. También es posible que mediante la aplicación de la tensión se pueda alcanzar una variación de la polarización de los dominios en el material ferroeléctrico, y así se pueda crear un cambio de fase reproducible especialmente entre fases con diferentes propiedades eléctricas.

También en el ejemplo de realización, de acuerdo con la Figura 5, están integrados, de modo comparable al ejemplo de realización en la Figura 2, el sensor de temperatura y el elemento de referencia en una forma constructiva de sensor.

También son posibles otras realizaciones, por ejemplo, con relación al contacto del electrodo auxiliar H y del elemento de resistencia con medios conocidos del estado de la técnica. Además, existe una pluralidad de posibilidades familiares para el experto en la materia, especialmente para realizar, de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención, una disposición de condensador.

Lista de símbolos de referencia

TE elemento de inserción de termómetro

- 2L conductos de conexión para el elemento de referencia
- 4L conductos de conexión para el sensor de temperatura
- E Electrodo
- D dieléctrico
- 5 FE electrodo frontal
- RE electrodo trasero
- I Aislador
- T Temperatura
- ϵ índice de dielectricidad
- 10 T_{Ph} temperatura de transición de fases
- S sensor de temperatura
- K elemento de referencia
- TM medición de temperatura
- KM medición de capacidad
- 15 μC Microprocesador
- AE Sistema electrónica de partida
- TS sustrato de soporte
- W elemento de resistencia
- 4P contacto del elemento de resistencia
- 20 2P contacto del electrodo auxiliar
- H electrodo auxiliar
- a primera dirección de dilatación
- c segunda dirección de dilatación

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la calibración in situ de un termómetro,
presentando el dispositivo un sensor de temperatura (S) para la determinación de una temperatura (T), estando previsto un elemento de referencia (K) para la calibración del sensor de temperatura (S),
- 5 caracterizado por que
el elemento de referencia (K) está compuesto, al menos parcialmente, de un material ferroeléctrico (D) que en el intervalo de temperatura relevante para la calibración del sensor de temperatura (S) experimenta un cambio de fase bajo al menos una temperatura preestablecida (T_{Ph}).
2. Dispositivo según la reivindicación 1,
- 10 caracterizado por que en el caso del material ferroeléctrico (D) se trata de un cuerpo sólido.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2,
caracterizado por que
el material ferroeléctrico (D) presenta una estructura cristalina y
por que en el caso del cambio de fase, la estructura cristalina del material ferroeléctrico (D) cambia.
- 15 4. Dispositivo según la reivindicación 1, 2 o 3,
caracterizado por que
en el caso del cambio de fase el volumen del material ferroeléctrico (D) se modifica.
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado por que
- 20 el material ferroeléctrico (D) presenta propiedades eléctricas o bien dieléctricas que se modifican en el cambio de fase.
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado por que
- 25 el cambio de fase, especialmente la variación de las propiedades eléctricas o bien dieléctricas del material ferroeléctrico (D), tiene lugar bruscamente en el caso del al menos un valor de temperatura preestablecido (T_{Ph}).
7. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado por que
el elemento de referencia (K) está compuesto de un elemento de condensador con un dieléctrico, componiéndose el dieléctrico del elemento de condensador, al menos parcialmente, del material ferroeléctrico (D).
- 30 8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 6 precedentes,
caracterizado por que
el material ferroeléctrico (D) sirve como sustrato de soporte para un sensor de temperatura (S).
9. Dispositivo según la reivindicación precedente,
caracterizado por que
- 35 en el caso de al menos una temperatura preestablecida tiene lugar un cambio de fase del material ferroeléctrico del sustrato de soporte de un estado ferroeléctrico a un estado paraeléctrico, o bien de un estado paraeléctrico a un estado ferroeléctrico y/o entre diferentes estructuras cristalinas.
10. Dispositivo según la reivindicación 8 o 9,
caracterizado por que
- 40 el material ferroeléctrico (D) sirve como sustrato de soporte para un elemento de resistencia fabricado por la técnica de capa delgada o por la técnica de capa gruesa.

11. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado por que
en el caso de la temperatura preestablecida se trata de una temperatura de cambio de fase y
por que el material ferroeléctrico está dotado de átomos extraños, especialmente para influir en la temperatura de
5 cambio de fase y/o en la formación de dominios cristalinos.
12. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado por que
el material ferroeléctrico, especialmente para la formación de dominios cristalinos uniformes, está dotado de iones
alcalino-térreos bivalentes y/o iones metálicos de grupos secundarios.
- 10 13. Dispositivo según la reivindicación precedente,
caracterizado por que
la proporción de la dotación de iones alcalino-térreos bivalentes y/o iones metálicos de grupos secundarios en el
material ferroeléctrico es de hasta 1%.
14. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes,
15 caracterizado por que
el material ferroeléctrico, especialmente para influir en la temperatura de cambio de fase, está dotado de estroncio,
plomo y/o titanato.
15. Dispositivo según la reivindicación precedente,
caracterizado por que
20 la proporción de la dotación del material ferroeléctrico con estroncio, plomo y/o titanato es de hasta 80%.
16. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado por que
se puede aplicar al material ferroeléctrico una tensión que sirve para la polarización del material ferroeléctrico.
17. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes,
25 caracterizado por que
se puede aplicar una tensión que sirve para la polarización del sustrato de soporte, especialmente a través de una
disposición condensador, disposición de condensador que está compuesta de dos electrodos entre los cuales está
dispuesto el sustrato de soporte.
18. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes,
30 caracterizado por que
el sensor de temperatura (S) y el elemento de referencia (K) están dispuestos en un único cabezal de sensor.
19. Procedimiento para la calibración in situ de un termómetro,
en el que para la determinación de la temperatura (T) se utiliza un sensor de temperatura (S), en el que
para la calibración se utiliza un elemento de referencia (K),
35 caracterizado por que,
el elemento de referencia (K) se compone, al menos parcialmente, de un material ferroeléctrico (D) y
por que en el caso de al menos una temperatura preestablecida (T_{Ph}), se utiliza un cambio de fase del material
ferroeléctrico (D) para la calibración del sensor de temperatura (S).
20. Procedimiento según la reivindicación 19,
40 caracterizado por que

se utiliza un cuerpo sólido como material ferroeléctrico (D).

21. Procedimiento según la reivindicación 19 o 20,

caracterizado por que

- 5 a través del cambio de fase del cuerpo sólido, que se compone, al menos parcialmente, de material ferroeléctrico (D), se modifican la estructura de cristal, el volumen y/o las propiedades dieléctricas o bien eléctricas del material ferroeléctrico (D), y por que al menos una de esas variaciones se emplea para la calibración del sensor de temperatura (S).

22. Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 21,

caracterizado por que

- 10 el sensor de temperatura (S) y el elemento de referencia (K) son expuestos esencialmente a la misma temperatura ambiente.

23. Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 22,

caracterizado por que

- 15 el termómetro se calienta o enfría con el fin de inducir el cambio de fase del material ferroeléctrico (D) en el caso de la temperatura preestablecida (T_{Ph}).

24. Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 23,

caracterizado por que

se utiliza un material ferroeléctrico dotado de átomos extraños, especialmente para influir en la temperatura de cambio de fase y/o en la formación de dominios cristalinos.

- 20 25. Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 24,

caracterizado por que

se utiliza un material ferroeléctrico dotado de iones alcalino-térreos bivalentes y/o iones metálicos de grupos secundarios para la formación de dominios cristalinos uniformes.

26. Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 25,

- 25 caracterizado por que

se utiliza un material ferroeléctrico dotado de estroncio, plomo y/o titanato, especialmente para influir en la temperatura de cambio de fase.

27. Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 26,

caracterizado por que

- 30 al material ferroeléctrico se le puede aplicar una tensión que sirve para la polarización del material ferroeléctrico.

28. Procedimiento según una de las reivindicaciones 19 a 27,

caracterizado por que

- 35 se aplica al sustrato de soporte una tensión que sirve para la polarización del sustrato de soporte, especialmente por medio de una disposición de condensador, que está compuesta de dos electrodos entre los cuales está dispuesto el sustrato de soporte.

Fig. 1

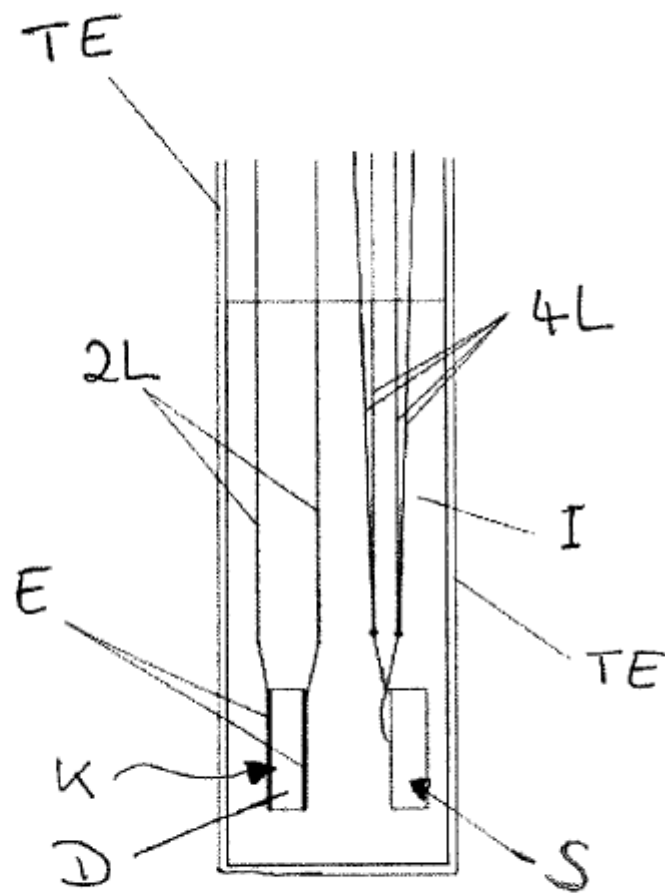
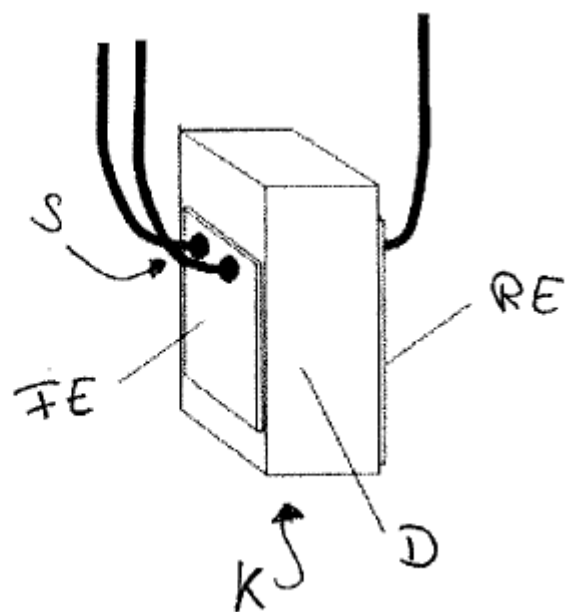


Fig. 2



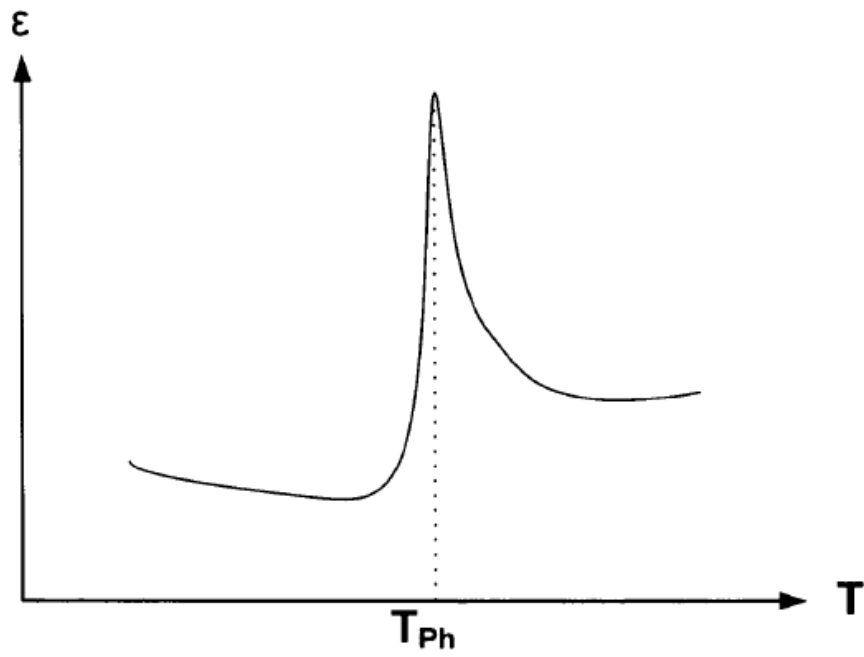


Fig. 3

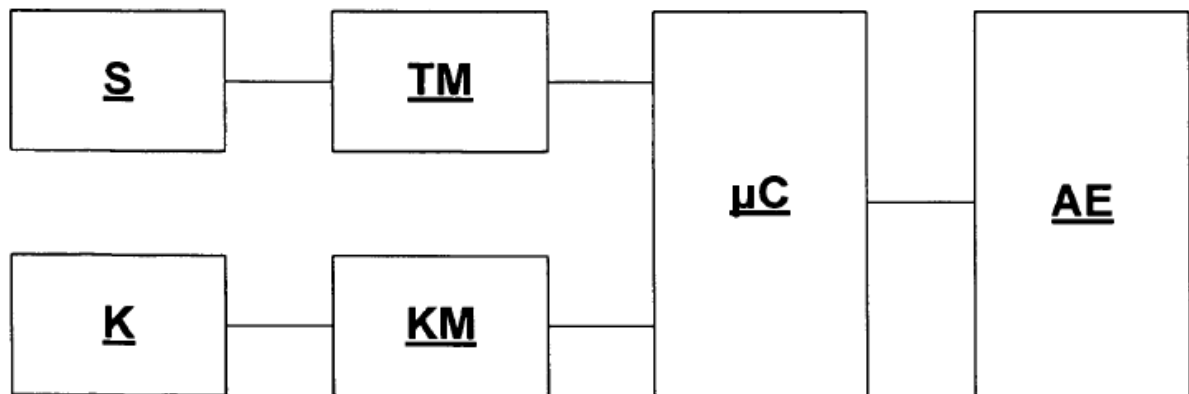


Fig. 4

Fig. 5

