



(10) **DE 11 2018 002 807 B4** 2020.12.10

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 002 807.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2018/019017**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/221231**
(86) PCT-Anmeldetag: **17.05.2018**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **06.12.2018**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **30.04.2020**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.12.2020**

(51) Int Cl.: **G01K 5/52 (2006.01)**
G01K 1/20 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2017-106219 30.05.2017 JP

(73) Patentinhaber:
Minebea Mitsumi Inc., Nagano, JP

(74) Vertreter:
**BOEHMERT & BOEHMERT Anwaltspartnerschaft
mbB - Patentanwälte Rechtsanwälte, 80336
München, DE**

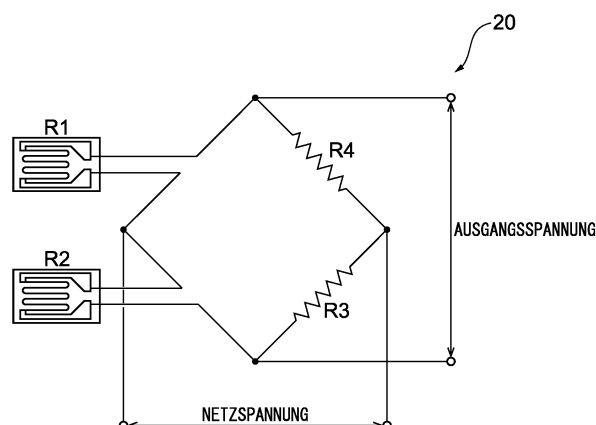
(72) Erfinder:
**Sato, Satoshi, Nagano, JP; Kobayashi, Masateru,
Nagano, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

JP	S61- 34 431	A
JP	S57- 103 002	A
JP	2009- 210 282	A

(54) Bezeichnung: **Temperaturmessvorrichtung mittels Dehnungsmessstreifen**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zum Messen der Temperatur eines Metallgegenstandes mittels zweier Dehnungsmessstreifen, wobei die zwei Dehnungsmessstreifen an dem Metallgegenstand angebracht sind, mittels der zwei Dehnungsmessstreifen eine Wheatstonesche Brückenschaltung gebildet ist, der lineare Ausdehnungskoeffizient eines ersten Dehnungsmessstreifens der zwei Dehnungsmessstreifen größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und der lineare Ausdehnungskoeffizient eines zweiten Dehnungsmessstreifens der zwei Dehnungsmessstreifen kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes.



Beschreibung

[0001] Technisches Gebiet: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Messen der Temperatur eines Metallgegenstandes mittels Dehnungsmessstreifen.

[0002] Stand der Technik: Herkömmlich wird für die Temperaturmessung ein Temperatursensor wie z. B. ein Thermistor verwendet. In der JP 2009-210 282 A ist z. B. eine Temperaturmessvorrichtung offenbart, umfassend einen Thermistor, der an dem Messgegenstand befestigt ist; eine Schaltung zur Messung der Temperatur, die mittels des Thermistors die Temperatur des Messgegenstandes feststellt; eine Speicherschaltung, in der eine thermische Referenzwärme konstante und ein thermischer Referenzwiderstand des Thermistors vorab abgelegt sind; eine Schätztemperaturrechenschaltung, die bezüglich einer bestimmten Wärmeemissionsmenge des Messgegenstandes aufgrund der Messtemperatur sowie der thermischen Referenzwärme konstante und des thermischen Referenzwiderstandes eine geschätzte Temperatur des Thermistors berechnet; und eine Beurteilungsschaltung, die beurteilt, ob der Absolutwert der Temperaturdifferenz zwischen der geschätzten Temperatur und der Messtemperatur kleiner oder gleich einem bestimmten Schwellenwert ist.

[0003] Die JP S61-34 431 A offenbart ein Verfahren zum Messen der Temperatur eines Gegenstands mittels Dehnungsmessstreifen.

[0004] Die JP S57-103 002 A beschreibt ein Verfahren zur Messung einer Dehnung mittels zwei Widerstandselementen mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten.

[0005] Kurzfassung der Erfindung Die Erfindung betrifft Vorrichtungen zum Messen der Temperatur eines Metallgegenstandes mit den Merkmalen des Anspruchs 1, 2, 3 bzw. 4.

[0006] Ein Thermistor wird leicht durch die Temperatur in der Umgebung des Messgegenstandes (Umgebungstemperatur) beeinflusst. Aus diesem Grund kann bei einem plötzlichen Anstieg der Umgebungstemperatur, obwohl die Temperatur des Messgegenstandes langsam ansteigt, mittels eines Thermistors dieser langsame Temperaturanstieg nicht immer präzise gemessen werden.

[0007] Die vorliegende Erfindung macht es sich daher zur Aufgabe, eine Vorrichtung zur Messung der Temperatur des Metallgegenstandes selbst ohne Beeinflussung durch die Umgebungstemperatur bereitzustellen.

[0008] Im Allgemeinen erfolgt bei einem Dehnungsmessstreifen eine Temperaturkompensation unter Berücksichtigung der Wärmeausdehnung des Messgegenstandes durch die Umgebungstemperatur.

[0009] Ist ein Dehnungsmessstreifen an einem Messgegenstand angebracht, zeigt sich aufgrund einer Differenz zwischen dem linearen Ausdehnungskoeffizienten des Metallwiderstands des Dehnungsmessstreifens (λ_g) und dem linearen Ausdehnungskoeffizienten des Messgegenstandes (λ_a) eine Scheindehnung ε_a durch die in der folgenden Formel ausgedrückte Temperatur. Dabei ist α_g der Temperaturwiderstandskoeffizient des Metallwiderstands, der den Dehnungsmessstreifen bildet, und K ist der K-Faktor.

$$\varepsilon_a = \alpha_g / K + (\lambda_a - \lambda_g)$$

[0010] In der vorstehenden Formel wird der Dehnungsmessstreifen so gewählt, dass die Scheindehnung $\varepsilon_a = 0$ ist.

[0011] Wenn es sich bei dem Messgegenstand um Kupfer handelt, wird z. B. ein Dehnungsmessstreifen für Kupfer verwendet, bei dem eine an den linearen Ausdehnungskoeffizienten von Kupfer angepasste Temperaturkompensation durchgeführt wurde, und kein Dehnungsmessstreifen für Eisen verwendet, bei dem eine an den linearen Ausdehnungskoeffizienten von Eisen angepasste Temperaturkompensation durchgeführt wurde. Bei der ersten Erfindung handelt es sich um eine Vorrichtung zum Messen der Temperatur eines Metallgegenstandes mittels zumindest zwei Dehnungsmessstreifen, wobei die zumindest zwei Dehnungsmessstreifen an dem Metallgegenstand angebracht ist, und der lineare Ausdehnungskoeffizient der zumindest zwei Dehnungsmessstreifen von dem linearen Ausdehnungskoeffizienten des Metallgegenstandes abweicht. Bei einer ersten Ausführungsform der ersten Erfindung ist mittels zwei Dehnungsmessstreifen eine Wheatstone'sche Brückenschaltung gebildet, wobei

der lineare Ausdehnungskoeffizient des ersten Dehnungsmessstreifens von den zwei Dehnungsmessstreifen größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und
 der lineare Ausdehnungskoeffizient des zweiten Dehnungsmessstreifens von den zwei Dehnungsmessstreifen kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes.

Bei einer zweiten Ausführungsform der ersten Erfindung ist mittels vier Dehnungsmessstreifen eine Wheatstonesche Brückenschaltung gebildet,

wobei

der lineare Ausdehnungskoeffizient des ersten und dritten Dehnungsmessstreifens von den vier Dehnungsmessstreifen größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und
 der lineare Ausdehnungskoeffizient des zweiten und vierten Dehnungsmessstreifens von den vier Dehnungsmessstreifen kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes.

[0012] Bei einer ersten Ausführungsform der zweiten Erfindung handelt es sich um eine Vorrichtung zur Messung der Temperatur eines Metallgegenstandes mittels zwei Dehnungsmessstreifen, wobei die zwei Dehnungsmessstreifen an dem Metallgegenstand angebracht sind, die Richtung von Gittern der zwei Dehnungsmessstreifen miteinander übereinstimmt, mittels der zwei Dehnungsmessstreifen eine Wheatstonesche Brückenschaltung gebildet ist, der lineare Ausdehnungskoeffizient des ersten Dehnungsmessstreifens von den zwei Dehnungsmessstreifen größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und der lineare Ausdehnungskoeffizient des zweiten Dehnungsmessstreifens von den zwei Dehnungsmessstreifen kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes.
 Bei einer zweiten Ausführungsform der zweiten Erfindung handelt es sich um eine Vorrichtung zur Messung der Temperatur eines Metallgegenstandes mittels vier Dehnungsmessstreifen, wobei die vier Dehnungsmessstreifen an dem Metallgegenstand angebracht sind, die Richtung von Gittern der vier Dehnungsmessstreifen miteinander übereinstimmt, mittels der vier Dehnungsmessstreifen eine Wheatstonesche Brückenschaltung gebildet ist, der lineare Ausdehnungskoeffizient des ersten und dritten Dehnungsmessstreifens von den vier Dehnungsmessstreifen größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und der lineare Ausdehnungskoeffizient des zweiten und vierten Dehnungsmessstreifens von den vier Dehnungsmessstreifen kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Schaltbild der Vorrichtung gemäß einem ersten Beispiel.

Fig. 2 ist ein Schaltbild der Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der ersten Erfindung.

Fig. 3 ist ein Schaltbild der Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der ersten Erfindung.

Fig. 4 ist eine schematische Ansicht der Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der zweiten Erfindung.

Fig. 5 ist eine schematische Ansicht der Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der zweiten Erfindung.

Fig. 6 ist eine erläuternde Ansicht eines Ausführungsbeispiels.

Fig. 7 ist ein Diagramm des Ergebnisses des Ausführungsbeispiels.

Fig. 8 ist ein Kurvendiagramm der Temperatur-Dehnung (Ausgangsspannung) des Ausführungsbeispiels.

Beschreibung der Figuren

[0013] **Fig. 1** ist ein Schaltbild einer Vorrichtung gemäß einem ersten Beispiel.

[0014] Ein Dehnungsmessstreifen R1 einer Vorrichtung **10** gemäß dem ersten Beispiel ist an einem Metallgegenstand angebracht, z.B. aufgeklebt, und bildet zusammen mit Festwiderständen R2 bis R4 eine Wheatstonesche Brückenschaltung (Viertelbrücke).

[0015] Wie vorstehend ausgeführt, erfolgt bei einem allgemeinen Dehnungsmessstreifen eine Temperaturkompensation des linearen Ausdehnungskoeffizienten des Dehnungsmessstreifens durch eine Anpassung an den linearen Ausdehnungskoeffizienten des Messgegenstandes.

[0016] Andererseits weicht bei der ersten Erfindung der lineare Ausdehnungskoeffizient des Dehnungsmessstreifens R1 von dem linearen Ausdehnungskoeffizienten des Metallgegenstandes ab. Wenn es sich z. B. bei dem Metallgegenstand um Kupfer handelt, wird ein Dehnungsmessstreifen R1 für Eisen verwendet. Dadurch kann bei einer Änderung der Temperatur die Temperaturänderung des Metallgegenstandes gemessen werden, da sich der Dehnungsmessstreifen R1 abweichend von dem Metallgegenstand ändert (ausdehnt/ zusammenzieht).

[0017] Typische lineare Ausdehnungskoeffizienten von Metallen sind wie folgt:

Eisen: 11 ppm/°C

Kupfer: 16,8 ppm/°C

Aluminium: 23 ppm/°C

[0018] Durch die Vorrichtung **10** kann die Temperatur eines Metallgegenstandes ohne Beeinflussung durch die Umgebungstemperatur gemessen werden. Ferner kann die Strukturierung der Vorrichtung **10** beliebig geformt werden. Das heißt, da die Vorrichtung **10** einen hohen Freiheitsgrad hinsichtlich der Form hat, und an einem Metallgegenstand mit einer beliebigen Form unmittelbar angebracht werden kann, ist eine Messung der Temperatur ungeachtet der Form des Metallgegenstandes möglich. Ferner kann bei einem großen Metallgegenstand durch das Anbringen einer Mehrzahl von Vorrichtungen **10** die Temperatur des gesamten Metallgegenstandes gemessen werden.

[0019] Bei der Vorrichtung **10** wird davon ausgegangen, dass eine Veränderung des Metallgegenstandes durch eine Temperaturänderung verursacht wird und dass auf den Metallgegenstand keine Belastung usw. wirkt.

[0020] Fig. 2 ist das Schaltbild einer Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der ersten Erfindung.

[0021] Ein erster Dehnungsmessstreifen R1 und ein zweiter Dehnungsmessstreifen R2 einer Vorrichtung **20** gemäß der ersten Ausführungsform sind an einem Metallgegenstand angebracht, z.B. aufgeklebt, und bilden zusammen mit Festwiderständen R3, R4 eine Halbbrückenschaltung (Wheatstonesche Brückenschaltung).

[0022] Der lineare Ausdehnungskoeffizient des ersten Dehnungsmessstreifens R1 ist größer als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und der lineare Ausdehnungskoeffizient des zweiten Dehnungsmessstreifens R2 ist kleiner als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes. Wenn es sich z. B. bei dem Metallgegenstand um Kupfer handelt, wird als erster Dehnungsmessstreifen R1 ein Dehnungsmessstreifen für Aluminium und als zweiter Dehnungsmessstreifen R2 ein Dehnungsmessstreifen für Eisen verwendet. Dadurch vergrößert sich die ausgegebene Wärmeausdehnung, sodass bei der Vorrichtung **20** gemäß der ersten Ausführungsform verglichen mit der Vorrichtung **10** eine Temperaturänderung des Metallgegenstandes mit einer höheren Empfindlichkeit gemessen werden kann.

[0023] Fig. 3 ist das Schaltbild einer Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der ersten Erfindung.

[0024] Ein erster Dehnungsmessstreifen R1, ein zweiter Dehnungsmessstreifen R2, ein dritter Dehnungsmessstreifen R3 und ein vierter Dehnungsmessstreifen R4 einer Vorrichtung **30** gemäß der zweiten Ausführungsform sind an einem Metallgegenstand angebracht, z.B. aufgeklebt, und bilden eine Vollbrückenschaltung (Wheatstonesche Brückenschaltung).

[0025] Der lineare Ausdehnungskoeffizient des ersten und dritten Dehnungsmessstreifens R1, R3 ist größer als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und der lineare Ausdehnungskoeffizient des zweiten und vierten Dehnungsmessstreifens R2, R4 ist kleiner als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes. Wenn es sich z. B. bei dem Metallgegenstand um Kupfer handelt, wird als erster und dritter Dehnungsmessstreifen R1, R3 ein Dehnungsmessstreifen für Aluminium und als zweiter und vierter Dehnungsmessstreifen R2, R4 ein Dehnungsmessstreifen für Eisen verwendet. Dadurch vergrößert sich die ausgegebene Wärmeausdehnung noch mehr, sodass bei der Vorrichtung **30** gemäß der zweiten Ausführungsform verglichen mit der Vorrichtung **10** und der Vorrichtung **20** der ersten Ausführungsform eine Temperaturänderung des Metallgegenstandes mit einer höheren Empfindlichkeit gemessen werden kann.

[0026] Der erste Dehnungsmessstreifen R1 und der dritte Dehnungsmessstreifen R3 können verschieden sein, und der zweite Dehnungsmessstreifen R2 und der vierte Dehnungsmessstreifen R4 können verschieden sein, wobei bevorzugt die Differenz zwischen dem linearen Ausdehnungskoeffizienten des ersten und dritten

Dehnungsmessstreifens R1, R3 und dem linearen Ausdehnungskoeffizienten des Metallgegenstandes groß ist, und die Differenz zwischen dem linearen Ausdehnungskoeffizienten des zweiten und vierten Dehnungsmessstreifens R2, R4 und dem linearen Ausdehnungskoeffizienten des Metallgegenstandes groß ist.

[0027] Bei der vorstehend beschriebenen ersten Erfindung wird angenommen, dass auf den Metallgegenstand keine Belastung usw. wirkt, aber im Folgenden wird angenommen, dass auf den Metallgegenstand eine Belastung o. Ä. wirkt.

[0028] Fig. 4 ist eine schematische Ansicht der Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der zweiten Erfindung.

[0029] Ein erster Dehnungsmessstreifen R1 und ein zweiter Dehnungsmessstreifen R2 einer Vorrichtung **40** gemäß der ersten Ausführungsform sind in einer xy-Ebene an einem plattenförmigen Metallgegenstand **100** angebracht, z.B. aufgeklebt, und bilden zusammen mit nicht dargestellten Festwiderständen R3, R4 eine Halbbrückenschaltung (Wheatstonesche Brückenschaltung). Die Richtung von Gittern des ersten und zweiten Dehnungsmessstreifens R1, R2 ist die x-Richtung und stimmt miteinander überein.

[0030] Wenn die Dehnung (Gesamtdehnung = Dehnung durch eine Belastung o. Ä. + Wärmeausdehnung durch Temperaturänderung), die durch den ersten und zweiten Dehnungsmessstreifen R1, R2 festgestellt wird, jeweils als ε_1 , ε_2 vorgegeben, wird die Gesamtdehnung ε , die mittels der Halbbrückenschaltung (Wheatstonesche Brückenschaltung) festgestellt wird, durch die folgende Formel 1 ausgedrückt:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \quad (\text{Formel 1})$$

[0031] Unterliegt dabei der Metallgegenstand **100** einer Belastung o. Ä. und einer Temperaturänderung, ist die folgende Formel 2 erfüllt, wenn die durch den ersten und zweiten Dehnungsmessstreifen R1, R2 festgestellte Dehnung aufgrund der Belastung o. Ä. ε_{1_s} , ε_{2_s} und die Wärmeausdehnung aufgrund der Temperaturänderung ε_{1_t} , ε_{2_t} ist.

$$\varepsilon = (\varepsilon_{1_s} + \varepsilon_{1_t}) - (\varepsilon_{2_s} + \varepsilon_{2_t}) \quad (\text{Formel 2})$$

[0032] Da die Gitterrichtung des ersten und zweiten Dehnungsmessstreifens R1, R2 übereinstimmt, ist $\varepsilon_{1_s} = \varepsilon_{2_s}$, sodass durch das Einsetzen in Formel 2 die folgende Formel 3 erfüllt ist.

$$\varepsilon = \varepsilon_{1_t} - \varepsilon_{2_t} \quad (\text{Formel 3})$$

[0033] Wie anhand von Formel 3 zu erkennen ist, wird eine auf den Metallgegenstand **100** wirkende Belastung kompensiert (hebt sich auf), sodass ausschließlich die Temperaturänderung des Metallgegenstandes **100** festgestellt werden kann.

[0034] Der lineare Ausdehnungskoeffizient des ersten und zweiten Dehnungsmessstreifens R1, R2 weicht von dem linearen Ausdehnungskoeffizienten des Metallgegenstandes ab, wobei der lineare Ausdehnungskoeffizient des ersten Dehnungsmessstreifens R1 größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und der lineare Ausdehnungskoeffizient des zweiten Dehnungsmessstreifens R2 kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes. Dadurch ergibt sich $\varepsilon_{1_t} > 0$, $\varepsilon_{2_t} < 0$, sodass sich in Formel 3 die Gesamtdehnung ε vergrößert und eine hochempfindliche Messung ermöglicht wird.

[0035] Im Allgemeinen ist beim Bilden einer Halbbrückenschaltung (Wheatstonesche Brückenschaltung) die Gitterrichtung des ersten Dehnungsmessstreifens R1 vertikal zu der Gitterrichtung des zweiten Dehnungsmessstreifens R2, wobei der eine Dehnungsmessstreifen eine Zugdehnung feststellt und der andere Dehnungsmessstreifen eine Druckverformung feststellt.

[0036] Fig. 5 ist eine schematische Ansicht der Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der zweiten Erfindung.

[0037] Ein erster Dehnungsmessstreifen R1, ein zweiter Dehnungsmessstreifen R2, ein dritter Dehnungsmessstreifen R3 und ein vierter Dehnungsmessstreifen R4 einer Vorrichtung **50** gemäß der zweiten Ausführungsform sind an einer Seitenfläche eines zylinderförmigen Metallgegenstandes **200** angebracht, z.B. aufge-

klebt, und bilden eine Vollbrückenschaltung (Wheatstonesche Brückenschaltung). Die Gitterrichtung der ersten bis vierten Dehnungsmessstreifen R1 bis R4 ist die x-Richtung und stimmt miteinander überein.

[0038] Wenn die Dehnung (Gesamtdehnung = Dehnung durch eine Belastung o. Ä. + Wärmeausdehnung durch Temperaturänderung), die durch die ersten bis vierten Dehnungsmessstreifen R1 bis R4 festgestellt wird, jeweils als ε_1 bis ε_4 vorgegeben wird, wird die Gesamtdehnung ε , die mittels der Vollbrückenschaltung (Wheatstonesche Brückenschaltung) festgestellt wird, durch die folgende Formel 4 ausgedrückt:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4 \quad (\text{Formel 4})$$

[0039] Ebenso wie bei der vorstehend beschriebenen Halbbrückenschaltung (Wheatstonesche Brückenschaltung) wird eine auf den Metallgegenstand **200** wirkende Belastung kompensiert, sodass die folgende Formel 5 erfüllt ist, wenn die Wärmeausdehnung aufgrund der durch die ersten bis vierten Dehnungsmessstreifen R1 bis R4 festgestellte Temperaturänderung ε_{1_t} bis ε_{4_t} ist.

$$\varepsilon = \varepsilon_{1_t} - \varepsilon_{2_t} + \varepsilon_{3_t} - \varepsilon_{4_t} \quad (\text{Formel 5})$$

[0040] Ferner weicht der lineare Ausdehnungskoeffizient der ersten bis vierten Dehnungsmessstreifen R1 bis R4 von dem linearen Ausdehnungskoeffizienten des Metallgegenstandes ab, wobei der lineare Ausdehnungskoeffizient des ersten und dritten Dehnungsmessstreifens R1, R3 größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und der lineare Ausdehnungskoeffizient des zweiten und vierten Dehnungsmessstreifens R2, R4 kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes. Dadurch ergibt sich $\varepsilon_{1_t}, \varepsilon_{3_t} > 0$ und $\varepsilon_{2_t}, \varepsilon_{4_t} < 0$, sodass sich in Formel 5 die Gesamtdehnung ε vergrößert.

[0041] Durch die Vorrichtung **50** gemäß der zweiten Ausführungsform wird eine auf den Metallgegenstand **200** wirkende Belastung kompensiert, sodass ausschließlich die Temperaturänderung des Metallgegenstandes **200** mit einer höheren Empfindlichkeit als bei der Vorrichtung **40** gemäß der ersten Ausführungsform festgestellt werden kann.

[0042] Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen ist die Gitterrichtung der Dehnungsmessstreifen die x-Richtung, wobei die Richtung jedoch beliebig ist, sofern die Gitterrichtung der Mehrzahl von Dehnungsmessstreifen übereinstimmt.

[0043] Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand von Beispielen konkret erläutert, wobei die vorliegende Erfindung jedoch nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt ist.

[0044] Wie in **Fig. 6** gezeigt, wurde eine Kupferplatte (linearer Ausdehnungskoeffizient: 16,8 ppm/°C) mit einer Länge von 100 mm × Breite 100 mm × Dicke (t) 5 mm vorbereitet, auf die an beliebigen Stellen insgesamt sechs Dehnungsmessstreifen einer ersten und zweiten Probe angebracht, z. B. aufgeklebt wurden. Die Dehnungsmessstreifen hatten eine Gitterlänge von 0,8 mm × Gitterbreite von 1,4 mm, und eine Basislänge von 3,1 mm × eine Basisbreite von 2,5 mm.

[0045] Bei der ersten Probe handelt es sich um drei Dehnungsmessstreifen für Fe, R_Fe1, R_Fe2, R_Fe3, deren linearer Ausdehnungskoeffizient auf 11 ppm/°C eingestellt wurde.

[0046] Bei der zweiten Probe handelt es sich um drei Dehnungsmessstreifen für Al, R_Al1, R_Al2, R_Al3, deren linearer Ausdehnungskoeffizient auf 23 ppm/°C eingestellt wurde.

[0047] Wie in **Fig. 7** durch eine Strichpunktlinie dargestellt, wurde in einem Temperaturzyklus von 30→60→90→120→90→60→30°C (jeder Temperaturschritt 3 Stunden) die Wärmeausdehnung gemessen.

[0048] In **Fig. 7** ist das mit der Temperaturänderung einhergehende Messergebnis der Wärmeausdehnung der jeweiligen Dehnungsmessstreifen zusammen dargestellt.

[0049] In **Fig. 7** ist das Messergebnis der drei Dehnungsmessstreifen für Fe, R_Fe1, R_Fe2, R_Fe3 überlappend mit einer durchgezogenen Linie dargestellt, wobei die Dehnung auf der Zugseite erzielt wurde, und das Messergebnis der drei Dehnungsmessstreifen für Al, R_Al1, R_Al2, R_Al3 ist überlappend mit einer gestrichelten Linie dargestellt, wobei die Dehnung auf Druckseite erzielt wurde. Dabei ist erkennbar, dass die jeweilige Dehnung der Temperaturänderung folgt.

[0050] In Tabelle 1 sind die vorstehend beschriebenen Messergebnisse und die Rechenleistung für den Fall der Bildung einer Vollbrückenschaltung (Wheatstonesche Brückenschaltung) mittels zwei Dehnungsmessstreifen für Fe und zwei Dehnungsmessstreifen für Al dargestellt.

Tabelle 1

	Temperatur [°C]/ Zeit						
	30 /1, 5 h	60 /4, 5 h	90 / 7,5 h	120 /10, 5 h	90 /13, 5 h	60 /16, 5 h	30 /19, 5 h
Wärmeausdehnung [$\mu\epsilon$] von R_Fe1	0	220	405	620	415	220	0
Wärmeausdehnung [$\mu\epsilon$] von R_Fe2	0	220	405	620	415	220	0
Wärmeausdehnung [$\mu\epsilon$] von R_Fe3	0	220	405	620	415	220	0
Wärmeausdehnung [$\mu\epsilon$] von R_Al1	0	-135	-285	400	-280	-130	0
Wärmeausdehnung [$\mu\epsilon$] von R_Al2	0	-135	-285	-400	-280	-130	0
Wärmeausdehnung [$\mu\epsilon$] von R_Al3	0	-135	-285	-400	-280	-130	0
Vollbrücke (Rechenwert) [$\mu\epsilon$]	0	710	1380	2040	1390	700	0
Vollbrücke (Rechenwert) [mV/V]	0,00	0,36	0,69	1,02	0,70	0,35	0,00

[0051] Fig. 8 zeigt Kurven der Temperatur-Dehnung (Ausgangsspannung), wobei die Querachse die Temperatur, die Längsachse auf der linken Seite die Dehnung und die Längsachse auf der rechten Seite die Spannungsausgabe darstellt. Die Umrechnung der Spannungsausgabe erfolgte derart, dass 2000 $\mu\epsilon$ 1 mV entsprechen.

[0052] Mit dem Wert bei 120°C (Temperaturdifferenz 90°C) als Nennwert (Referenz) betrug die Nichtlinearität ca. 4% R. O. und die Hysterese/Rückkehr nach Null war geringer als 0,5% R. O.

[0053] Dadurch, dass kein Dehnungsmessstreifen für Kupfer, bei dem eine an den linearen Ausdehnungskoeffizienten von Kupfer angepasste Temperaturkompensation durchgeführt wurde, sondern ein Dehnungsmessstreifen für Al, der einen linearen Ausdehnungskoeffizienten aufweist, der größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient von Kupfer, mit einem Dehnungsmessstreifen für Fe, der einen linearen Ausdehnungskoeffizienten aufweist, der kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient von Kupfer, kombiniert wird, kann eine Ausgabe auf einem Niveau erzielt werden, bei dem von der Messbarkeit der Temperatur gesprochen werden kann ($225 \mu\epsilon/10^\circ\text{C} = 0,11 \text{ mV/V}/10^\circ\text{C}$).

[0054] Bei einer Differenz des linearen Ausdehnungskoeffizienten von Kupfer und Aluminium von +6 ppm/°C und einer Differenz des linearen Ausdehnungskoeffizienten von Kupfer und Eisen von -6 ppm/°C, beträgt bei einer Vollbrückenstruktur der theoretische Wert $240 \mu\epsilon/10^\circ\text{C}$, sodass ein Ergebnis nahe des Ist-Wertes ($225 \mu\epsilon/10^\circ\text{C}$) erzielt wurde (Abweichung ca. 7%).

[0055] Anhand des Vorstehenden ergibt sich auch anhand des Ausführungsbeispiels, dass mittels der Dehnungsmessstreifen eine Temperaturmessung des Metallgegenstandes möglich ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Messen der Temperatur eines Metallgegenstandes mittels zweier Dehnungsmessstreifen, wobei die zwei Dehnungsmessstreifen an dem Metallgegenstand angebracht sind, mittels der zwei Dehnungsmessstreifen eine Wheatstonesche Brückenschaltung gebildet ist,

der lineare Ausdehnungskoeffizient eines ersten Dehnungsmessstreifens der zwei Dehnungsmessstreifen größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und
der lineare Ausdehnungskoeffizient eines zweiten Dehnungsmessstreifens der zwei Dehnungsmessstreifen kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes.

2. Vorrichtung zum Messen der Temperatur eines Metallgegenstandes mittels vier Dehnungsmessstreifen, wobei die vier Dehnungsmessstreifen an dem Metallgegenstand angebracht sind mittels der vier Dehnungsmessstreifen eine Wheatstonesche Brückenschaltung gebildet ist,
der lineare Ausdehnungskoeffizient eines ersten und eines dritten Dehnungsmessstreifens der vier Dehnungsmessstreifen jeweils größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und
der lineare Ausdehnungskoeffizient eines zweiten und eines vierten Dehnungsmessstreifens der vier Dehnungsmessstreifen jeweils kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes.

3. Vorrichtung zum Messen der Temperatur eines Metallgegenstandes mittels zweier Dehnungsmessstreifen,
wobei die zwei Dehnungsmessstreifen an dem Metallgegenstand angebracht sind,
die Richtung von Gittern der zwei Dehnungsmessstreifen miteinander übereinstimmt, mittels der zwei Dehnungsmessstreifen eine Wheatstonesche Brückenschaltung gebildet ist,
der lineare Ausdehnungskoeffizient eines ersten Dehnungsmessstreifens der zwei Dehnungsmessstreifen größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und
der lineare Ausdehnungskoeffizient eines zweiten Dehnungsmessstreifens der zwei Dehnungsmessstreifen kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes.

4. Vorrichtung zum Messen der Temperatur eines Metallgegenstandes mittels vier Dehnungsmessstreifen, wobei die vier Dehnungsmessstreifen an dem Metallgegenstand angebracht sind,
die Richtung von Gittern der vier Dehnungsmessstreifen miteinander übereinstimmt, mittels der vier Dehnungsmessstreifen eine Wheatstonesche Brückenschaltung gebildet ist,
der lineare Ausdehnungskoeffizient eines ersten und eines dritten Dehnungsmessstreifens der vier Dehnungsmessstreifen jeweils größer ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes, und
der lineare Ausdehnungskoeffizient eines zweiten und eines vierten Dehnungsmessstreifens der vier Dehnungsmessstreifen jeweils kleiner ist als der lineare Ausdehnungskoeffizient des Metallgegenstandes.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

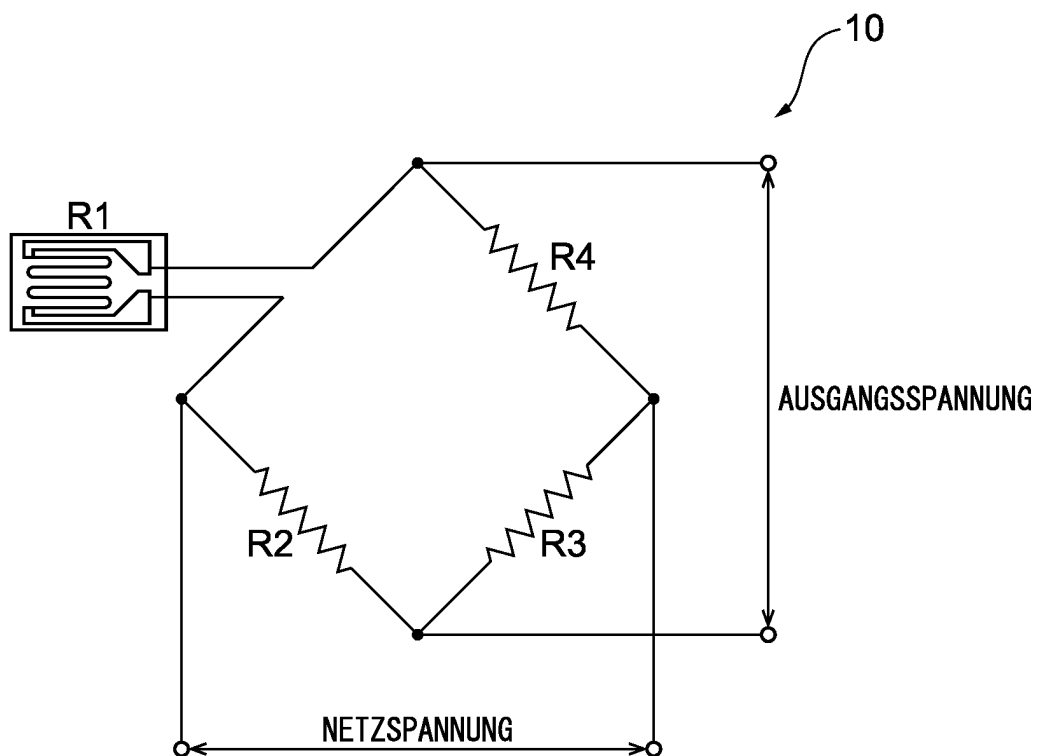


FIG.1

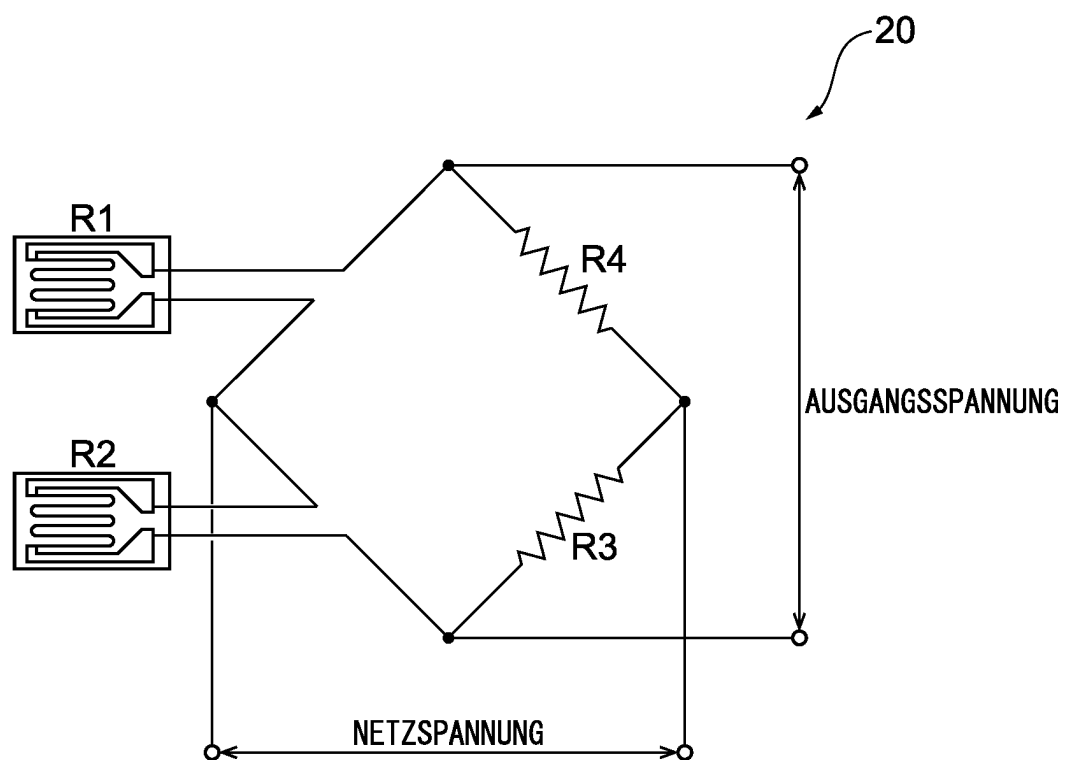


FIG.2

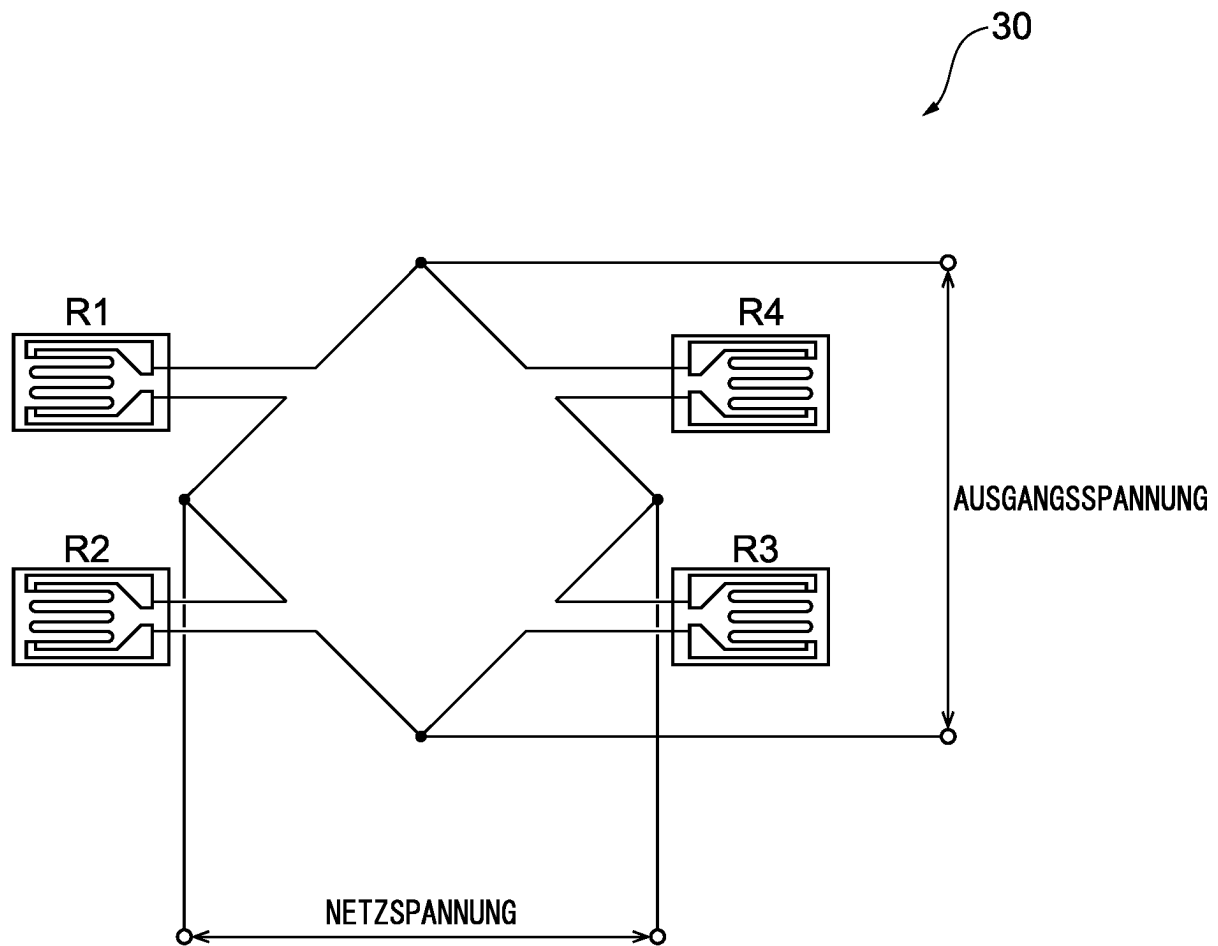


FIG.3

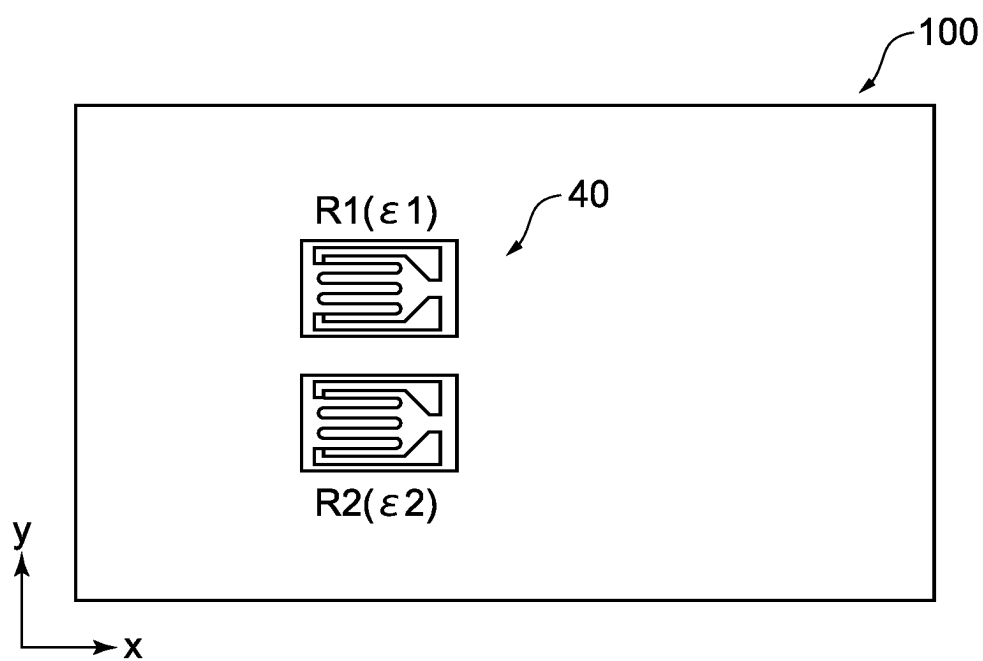


FIG. 4

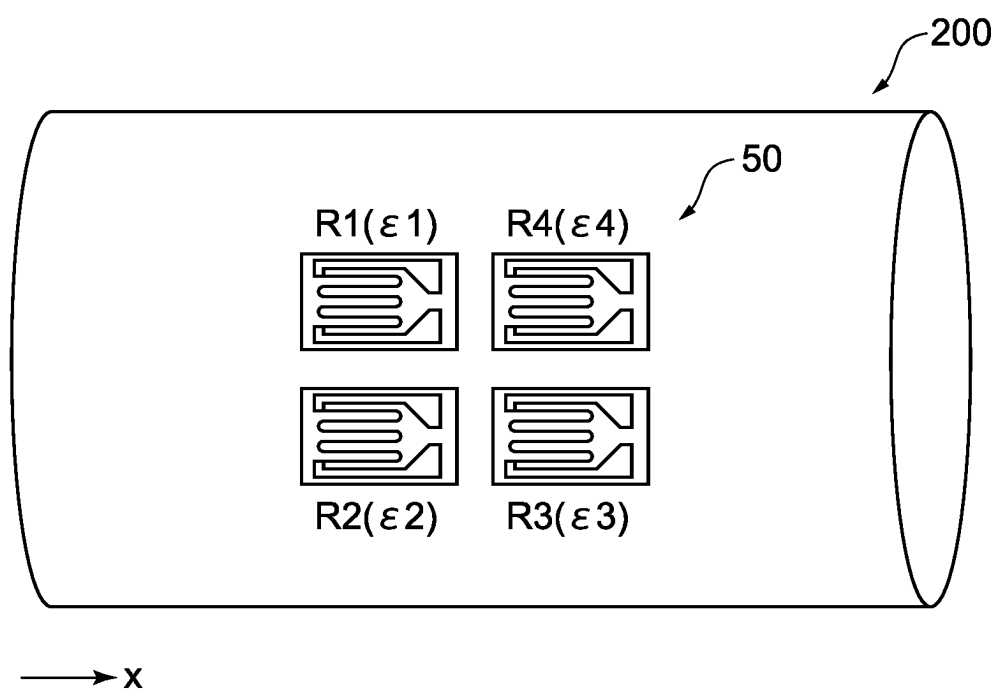


FIG. 5

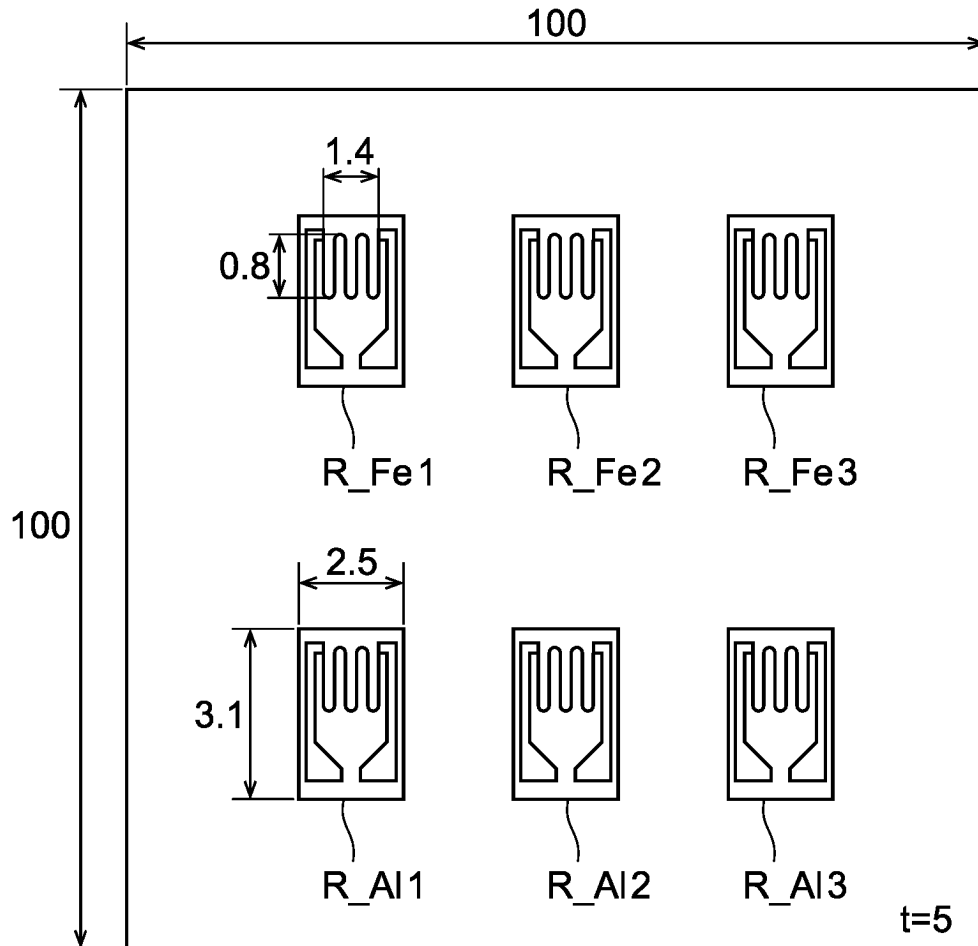


FIG.6

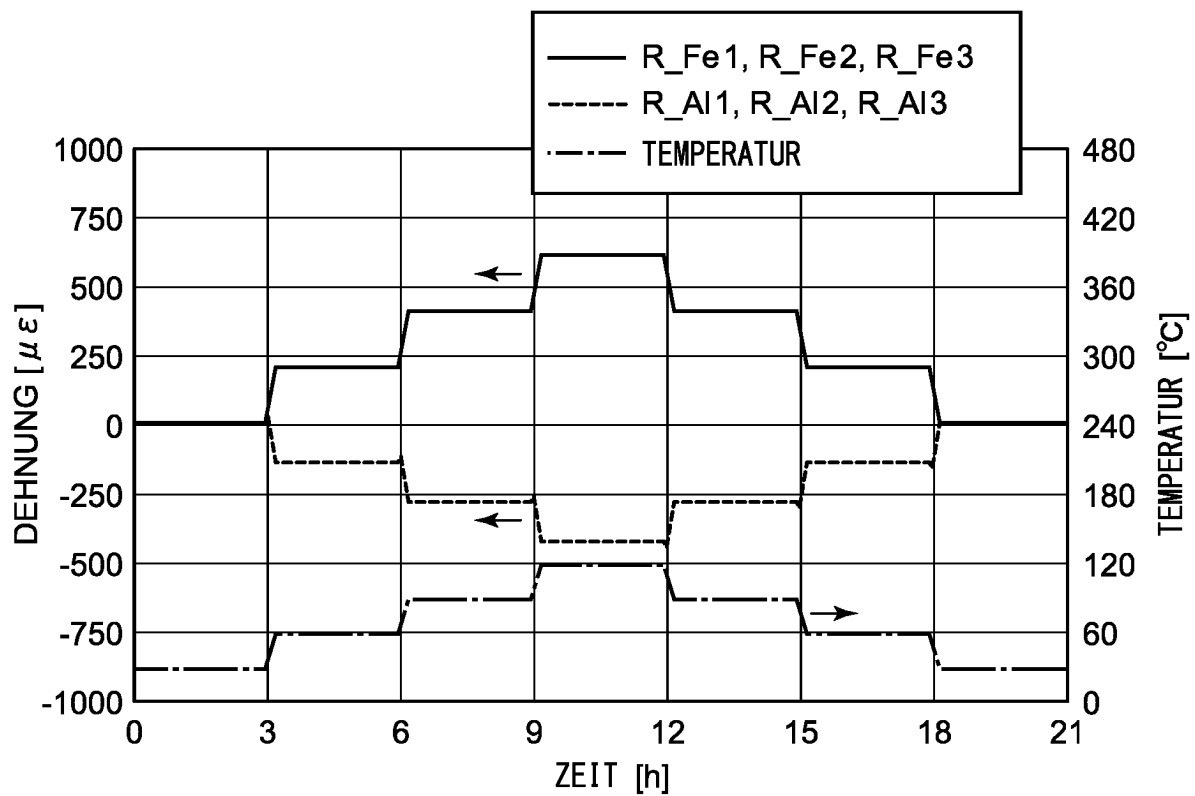


FIG.7

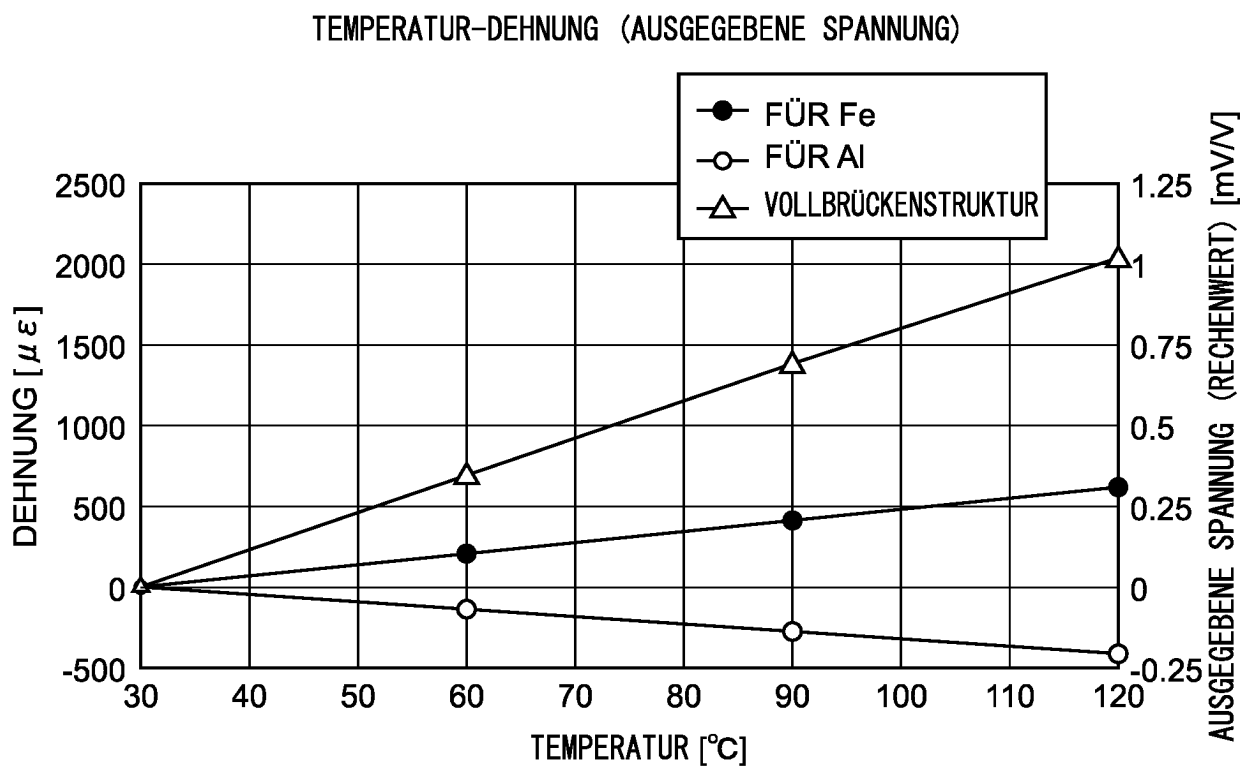


FIG.8