

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
9. September 2011 (09.09.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/107184 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01R 1/20 (2006.01) G01R 21/02 (2006.01)
G01R 19/03 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/000170

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Januar 2011 (17.01.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 009 835.3 2. März 2010 (02.03.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ISABELLENHÜTTE HEUSLER GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Eibacher Weg 3-5, 35683 Dillenburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HETZLER, Ullrich** [DE/DE]; Bergstraße 9a, 35688 Dillenburg-Oberschedl (DE).

(74) Anwalt: **BEIER, Ralph**; v. Bezold & Partner, Akademie-
strasse 7, 80799 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

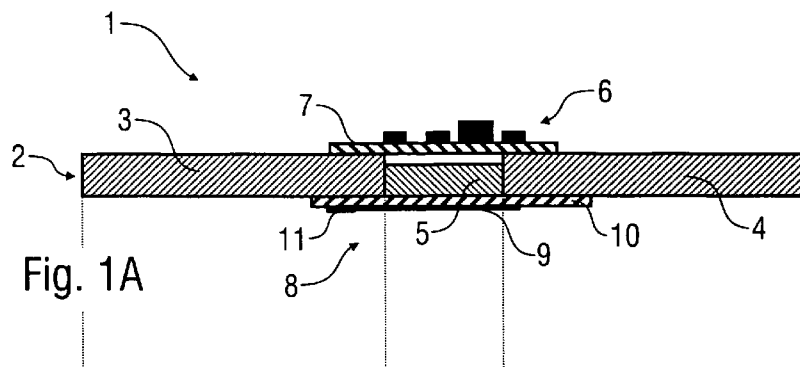
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: ELECTRONIC COMPONENT, IN PARTICULAR CURRENT SENSOR

(54) Bezeichnung : ELEKTRONISCHES BAUELEMENT, INSBESONDERE STROMSENSOR



(57) Abstract: The invention relates to an electronic component (1), in particular a current sensor, having a resistance element (5) made of a resistance material, a first connection part (3) made of a conductor material for introducing an electrical current into the resistance element (5), and a second connection part (4) made of a conductor material for discharging the electrical current from the resistance element (5). According to the invention, the component (1) has a temperature-measuring device (8) for measuring a temperature difference between the resistance element (5), on the one hand, and at least one of the two connection parts (3, 4), on the other hand, in order to derive the current from the temperature difference.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein elektronisches Bauelement (1), insbesondere einen Stromsensor, mit einem Widerstandselement (5) aus einem Widerstandsmaterial, einem ersten Anschlusssteil (3) aus einem Leitermaterial zur Einleitung eines elektrischen Stroms in das Widerstandselement (5), und einem zweiten Anschlusssteil (4) aus einem Leitermaterial zum Abführen des elektrischen Stroms von dem Widerstandselement (5). Erfindungsgemäß weist das Bauelement (1) eine Temperaturmesseinrichtung (8) auf zur Messung einer Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement (5) einerseits und mindestens einem der beiden Anschlusssteile (3, 4) andererseits, um aus der Temperaturdifferenz den Strom abzuleiten.



WO 2011/107184 A1

BESCHREIBUNG**5 Elektronisches Bauelement, insbesondere Stromsensor**

Die Erfindung betrifft ein elektronisches Bauelement, insbesondere einen Stromsensor.

10 Derartige Strommesswiderstände sind beispielsweise aus EP 0 605 800 A1 und EP 1 253 430 A1 bekannt und ermöglichen die Messung eines elektrischen Stroms entsprechend der Vierleitertechnik. Dabei wird der zu messende elektrische Strom über zwei Anschlusskontakte durch den Strommesswiderstand hin-
15 durchgeleitet, wobei über zwei weitere Anschlusskontakte die elektrische Spannung gemessen wird, die über dem Widerstandselement des Strommesswiderstands abfällt. Aus der gemessenen Spannung kann dann nach dem Ohmschen Gesetz der elektrische Strom berechnet werden, der durch den Strommesswiderstand
20 fließt.

Aus EP 1 253 430 A1 ist weiterhin bekannt, dass ein Messwert-erfassungssystem in Form eines ASICs (ASIC: Application Specific Integrated Circuit) direkt auf dem Strommesswiderstand
25 angebracht wird, so dass der Strommesswiderstand zusammen mit dem ASIC ein Strommessmodul bildet. Die Strommessung mit derartigen Strommessmodulen hat den Vorteil einer sehr großen Messgenauigkeit und eines geringen Bauvolumens, jedoch sind derartige Strommessmodule teuer und werden deshalb nur für
30 Präzisionsanwendungen eingesetzt, bei denen die hohe Messgenauigkeit wichtig ist.

Im industriellen Bereich gibt es jedoch zahlreiche Anwendungen (z.B. Stromgrenzwertschalter, elektronische Sicherungen,

u.a.), bei denen nur eine Überwachungsfunktion benötigt wird, wohingegen die Genauigkeit der Strommessung weniger wichtig ist. Bei einigen Anwendungen ist es sogar wünschenswert, dass die Strommessung nur langsam auf Änderungen des zu messenden elektrischen Stroms anspricht, um ein unnötig häufiges Abschalten bei kurzen Stromspitzen zu verhindern. Es kann deshalb wünschenswert sein, dass die Strommessung auf zeitliche Änderung des zu messenden Stroms mit einer Zeitkonstante im Sekundenbereich anspricht. Außerdem sollte sowohl Gleichstrom als auch Wechselstrom messbar sein, wie beispielsweise ein 50 Hertz-Wechselstrom, ein durch Schaltvorgänge stark verzerrter Wechselstrom oder sogar ein hochfrequenter Wechselstrom.

Ferner ist zum Stand der Technik hinzuweisen auf US 3 026 363. Dieses Patent offenbart ein Bauelement zur Messung des zeitlichen Mittelwerts eines elektrischen Signals, wie beispielsweise eines Breitbandsignals. Hierbei erfolgt zwar ebenfalls eine Temperaturmessung mittels eines Thermoelements, jedoch wird nicht die Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement und dessen Anschlussteilen gemessen.

Weiterhin ist aus DE 10 2004 062 655 A1 ein Strommesswiderstand bekannt, bei dem die Erwärmung des Strommesswiderstands und die daraus resultierende Änderung seines Widerstandswerts berücksichtigt wird, um temperaturbedingte Messfehler zu vermeiden. Auch hierbei wird jedoch nicht die Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement und dessen Anschlussteilen gemessen. Diese Patentanmeldung offenbart also lediglich eine Temperaturkompensation bei einem Strommesswiderstand.

Schließlich ist zum allgemeinen technischen Hintergrund noch hinzuweisen auf US 2004/0227522 A1 und US 2010/0040120 A1.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine andere Möglichkeit zur Strommessung zu schaffen, die mit geringeren Kosten verbunden ist und vorzugsweise auch die vorstehend genannten Nachteile beseitigt.

5

Diese Aufgabe wird durch einen Stromsensor gemäß dem Hauptanspruch gelöst.

10

Die Erfindung beruht auf der technischen Erkenntnis, dass im Betrieb eines Stromsensors eine Temperaturdifferenz auftritt zwischen dem aus einem Widerstandsmaterial bestehenden Widerstandselement einerseits und den angrenzenden Anschlussteilen aus einem Leitermaterial andererseits. Diese Temperaturdifferenz rührt daher, dass das Widerstandsmaterial des Widerstandselements in der Regel hochohmiger ist als das Leitermaterial der Anschlussteile, so dass in dem Widerstandselement eine entsprechend größere thermische Verlustleistung umgesetzt wird, die dann über die Anschlussteile thermisch abgeführt wird. Die Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement einerseits und den Anschlussteilen andererseits hängt wiederum von der Größe des elektrischen Stroms ab, der durch das Widerstandselement fließt, so dass diese Temperaturdifferenz ein Maß für den elektrischen Strom bildet.

15

20

25

30

Die Erfindung sieht deshalb eine Temperaturmesseinrichtung vor, welche die Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement einerseits und mindestens einem der beiden Anschlussteile andererseits misst, um daraus den zu messenden elektrischen Strom ableiten zu können. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Temperaturmesseinrichtung sinnvollerweise galvanisch von den Anschlussteilen und dem Widerstandselement getrennt ist.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung, bestehend aus Temperatursensoren und Auswertungsschaltung,

weist die Temperaturmesseinrichtung mindestens ein vom Shunt elektrisch isoliertes Thermoelement mit einer heißen Kontaktstelle und einer kalten Kontaktstelle auf, wobei die heiße Kontaktstelle das Widerstandselement thermisch kontaktiert, während die kalte Kontaktstelle eines der beiden Anschlussteile thermisch kontaktiert. Das Thermoelement erzeugt dann im bestromten Zustand des Stromsensors eine Thermospannung entsprechend dem Seebeck-Effekt, wobei die gemessene Thermospannung die Temperaturdifferenz und damit ein Maß für den elektrischen Strom bildet. Das Thermoelement weist also Schenkel auf, die vorzugsweise parallel zur Stromrichtung in dem Stromsensor ausgerichtet sind, so dass die heiße Kontaktstelle auf dem Widerstandselement liegt, während die kalte Kontaktstelle auf einem der Anschlussteile liegt.

15

In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist die Temperaturmesseinrichtung eine Thermosäule mit mehreren Thermoelementen auf, die elektrisch hintereinandergeschaltet sind. Dies bietet den Vorteil, dass auch relativ geringe Temperaturdifferenzen zwischen dem Widerstandselement einerseits und den Anschlussteilen andererseits zu einer messtechnisch auswertbaren Thermospannung führen, da sich die Thermospannungen der einzelnen Thermoelemente innerhalb der Thermosäule addieren.

25

Die Thermosäule ist hierbei vorzugsweise so angeordnet, dass die kalten Kontaktstellen der Thermoelemente abwechselnd das erste Anschlussteil und das zweite Anschlussteil thermisch kontaktieren. Es ist jedoch alternativ auch möglich, dass die kalten Kontaktstellen der Thermoelemente der Thermosäule durchgehend nur das erste Anschlussteil oder nur das zweite Anschlussteil thermisch kontaktieren.

30

Der im Rahmen der Erfindung verwendete Begriff einer thermischen Kontaktierung stellt darauf ab, dass die jeweiligen Kontaktstellen so auf dem Widerstandselement bzw. den Anschlussteilen angebracht sind, dass sich ein geringer Wärmeübergangswiderstand ergibt. Beispielsweise kann diese thermische Kontaktierung erfolgen, indem die heißen bzw. kalten Kontaktstellen mit Hilfe eines wärmeleitenden Klebers auf dem Widerstandselement bzw. den Anschlussteilen festgeklebt werden. Eine andere Möglichkeit zur thermischen Kontaktierung besteht darin, die heißen bzw. kalten Kontaktstellen auf dem Widerstandselement bzw. den Anschlussteilen mittels eines elektrisch isolierenden Trägers festzulöten. Die Erfindung ist jedoch hinsichtlich der thermischen Kontaktierung der heißen bzw. kalten Kontaktstellen nicht auf die vorstehend genannten Beispiele beschränkt, sondern grundsätzlich auch in anderer Weise realisierbar.

In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind zwei elektrisch von dem Shunt isolierte Thermosäulen vorgesehen, wobei die heißen Kontaktstellen der beiden Thermosäulen jeweils das Widerstandselement thermisch kontaktieren. Bei der ersten Thermosäule kontaktieren die kalten Kontaktstellen das erste Anschlussteil thermisch, wohingegen bei der zweiten Thermosäule die kalten Kontaktstellen das zweite Anschlussteil thermisch kontaktieren. Die erste Thermosäule misst also die Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement einerseits und zwischen dem ersten Anschlussteil andererseits. Die zweite Thermosäule misst dagegen die Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement und dem zweiten Anschlussteil.

In einer Variante dieses Ausführungsbeispiels sind diese beiden Thermosäulen auf dem Bauelement zu einer Reihenschaltung zusammengeschaltet und mit zwei gemeinsamen Anschlusskontak-

ten auf dem Bauelement verbunden. Die über den beiden Anschlusskontakten abfallende Thermospannung spiegelt also die Summe der beiden Temperaturdifferenzen zwischen dem Widerstandselement und den beiden Anschlussteilen wider.

5

In einer anderen Variante dieses Ausführungsbeispiels sind die beiden Thermosäulen dagegen auf dem Bauelement elektrisch voneinander getrennt und getrennt voneinander mit jeweils zwei Anschlusskontakten verbunden, um die Thermospannungen der beiden Thermosäulen getrennt voneinander messen zu können. Dies ist dann vorteilhaft, wenn ein Gleichstrom gemessen wird und das Leitermaterial der Anschlussteile thermoelektrisch nicht an das Widerstandsmaterial des Widerstandselements angepasst ist. In diesem Fall entsteht in dem Stromsensor aufgrund des Peltier-Effekts eine asymmetrische Temperaturverteilung von dem Widerstandselement zu den beiden Anschlussteilen. Aus der Differenz der Thermospannungen der beiden Thermosäulen kann dann die Stromrichtung abgeleitet werden, wohingegen der Absolutwert der Summe der beiden Thermospannungen ein Maß für die Größe des zu messenden Stroms bildet.

10
15
20

Es wurde bereits vorstehend erwähnt, dass die heißen Kontaktstellen der Thermoelemente das Widerstandselement thermisch kontaktieren, da das Widerstandselement im bestromten Zustand aufgrund seines größeren spezifischen elektrischen Widerstands heißer ist als die benachbarten Anschlussteile. Die heißen Kontaktstellen der Thermoelemente können hierbei in einer Reihe nebeneinander liegen, wobei die Reihe der heißen Kontaktstellen im Wesentlichen quer zur Stromrichtung in dem elektronischen Bauelement verlaufen kann.

30

Die Temperatur innerhalb des Widerstandselements ist jedoch in der Regel nicht räumlich konstant, sondern nimmt von einem

sogenannten "hot spot" in der Mitte des Widerstandselements in Richtung der angrenzenden Anschlusssteile ab. Darüber hinaus ist die Temperatur des Widerstandselements auch in seitlicher Richtung bezüglich der Stromrichtung nicht konstant, sondern nimmt in der Regel von der Mitte des Widerstandselements zu den freiliegenden Rändern hin ab. Es kann deshalb vorteilhaft sein, wenn die heißen Kontaktstellen über das Widerstandselement räumlich verteilt angeordnet sind, damit die Thermosäule einen Mittelwert der Temperatur des Widerstandselements misst, wodurch die Messung verbessert werden kann.

Bei der indirekten Strommessung durch eine Temperaturmessung handelt es sich in der Regel um ein relativ träges Messverfahren, was bei bestimmten Anwendungen vorteilhaft sein kann, um ein unnötige häufiges Abschalten bei kurzzeitigen Stromspitzen zu vermeiden. Die Temperaturmeseinrichtung reagiert also mit einer bestimmten ersten Zeitkonstante auf eine zeitliche Änderung des elektrischen Stroms und damit auch der Temperaturdifferenz, wobei die erste Zeitkonstante größer sein kann als 0,5s, 1s, 2s, 5s oder sogar 10s. Die Erfindung ist jedoch hinsichtlich der Zeitkonstante der Temperaturmeseinrichtung nicht auf die vorstehend genannten Beispielwerte beschränkt, sondern grundsätzlich auch mit anderen Zeitkonstanten realisierbar.

Zur Verbesserung der zeitlichen Dynamik der Strommessung besteht im Rahmen der Erfindung auch die Möglichkeit, dass anstelle oder zusätzlich zu dem Absolutwert der gemessenen Temperaturdifferenz die zeitliche Änderung der gemessenen Temperaturdifferenz ausgewertet wird, so dass beispielsweise bereits nach 0,3-0,5s eine Aussage über den Strom getroffen werden kann. Diese Auswertung der zeitlichen Änderung der gemessenen Temperaturdifferenz eignet sich gut für eine Kurzschlussüberwachung in einem Stromkreis.

Ferner ist zu erwähnen, dass die Temperaturmesseinrichtung in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel baulich in das elektronische Bauelement integriert ist. Hierzu kann die Temperatur-

5 messeinrichtung beispielsweise eine Leiterplatte aufweisen, die an dem Anschlussteil und/oder an dem Widerstandselement befestigt ist, wobei die Leiterplatte die Thermosäulen trägt. Es besteht jedoch alternativ auch die Möglichkeit, dass die Thermosäulen direkt auf die Oberfläche des Bauelements aufge-

10 bracht sind, wobei die Thermosäulen elektrisch von dem Bauelement getrennt sind.

Darüber hinaus besteht im Rahmen der Erfindung auch die Möglichkeit, dass die Temperaturmesseinrichtung zusätzlich zu

15 der Thermosäule auch eine Auswertungseinheit aufweist, die aus der gemessenen Temperaturdifferenz den elektrischen Strom ermittelt, der durch das elektronische Bauelement fließt. Diese Auswertungseinheit kann beispielsweise als ASIC realisiert sein oder in sonstiger Weise.

20

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das elektronische Bauelement neben der Temperaturmesseinrichtung zusätzlich ein steuerbares Schaltelement auf, wobei das Schaltelement mit der Temperaturmesseinrichtung verbunden ist und in

25 Abhängigkeit von der gemessenen Temperaturdifferenz schaltet. In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel trennt das Schaltelement einen Stromkreis, wenn die gemessenen Temperaturdifferenz anzeigt, dass der durch den Stromsensor fließende elektrische Strom einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet.

30 Das Schaltelement schließt dann wieder den Stromkreis, wenn die von der Temperaturmesseinrichtung gemessene Temperaturdifferenz einen vorgegebenen Minimalwert unterschreitet. Hierbei kann eine Schalthysterese vorgesehen sein, indem der

Maximalwert größer ist als der Minimalwert. Das Rücksetzen des Schaltelements kann jedoch auch von Hand erfolgen.

Es wurde bereits eingangs erwähnt, dass sich der durch den Stromsensor fließende elektrische Strom auch durch eine Spannungsmessung gemäß der bekannten Vierleitertechnik messen lässt. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist deshalb vorgesehen, dass zusätzlich eine Spannungsmesseinheit vorgesehen ist, welche die elektrische Spannung misst, die über dem Widerstandselement abfällt, um daraus den elektrischen Strom ableiten zu können. Auf diese Weise erfolgt die Strommessung durch zwei verschiedene Messprinzipien, nämlich zum einen durch eine Messung der Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement und den angrenzenden Anschlussteilen und zum anderen durch eine Spannungsmessung entsprechend der bekannten Vierleitertechnik. Dies bietet den Vorteil einer Redundanz bei der Strommessung.

Die Spannungsmesseinheit zur Messung der über dem Widerstandselement abfallenden elektrischen Spannung ist vorzugsweise baulich in das elektronische Bauelement integriert, so dass das Bauelement zusammen mit der Spannungsmesseinheit und/oder der Temperaturmesseinrichtung ein Strommessmodul bildet. Hierzu kann die Spannungsmesseinheit eine Leiterplatte aufweisen, die an dem Anschlussteil und/oder an dem Widerstandselement befestigt ist, wobei die Leiterplatte beispielsweise ein ASIC aufweisen kann, wie es in der eingangs erwähnten Patentanmeldung EP 1 253 430 A1 oder in EP 1 363 131 A1 beschrieben ist. Darüber hinaus weist die Spannungsmesseinheit zwei Spannungsabgriffe auf, die elektrisch mit den beiden Anschlussteilen verbunden sind, um die über dem Widerstandselement abfallende Spannung zu messen.

In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind die Spannungsmesseinheit einerseits und die Temperaturmeseinrichtung andererseits auf gegenüberliegenden Seiten des elektronischen Bauelements angeordnet. Die Temperaturmeseinrichtung mit der Thermosäule befindet sich hierbei vorzugsweise auf der Unterseite des Stromsensors, d.h. auf der Montage-
5 seite, auf der der Stromsensor entsprechend der Oberflächenmontagetechnik (SMD: Surface Mounted Device) auf einer Leiterplatte angebracht werden kann. Die Spannungsmesseinheit
10 befindet sich dagegen vorzugsweise auf der Oberseite des Stromsensors, d.h. auf der Seite, die der Montage-
seite gegenüberliegt.

Weiterhin ist zu erwähnen, dass die Strommessung gemäß der
15 Vierleitertechnik zeitlich wesentlich dynamischer ist als die Strommessung durch eine Messung der Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement und den angrenzenden Anschluss-
teilen. Die Spannungsmesseinheit reagiert also mit einer bestimmten zweiten Zeitkonstante auf eine zeitliche Änderung
20 des durch das elektronische Bauelement fließenden elektrischen Stroms, wobei diese zweite Zeitkonstante kleiner ist als die erste Zeitkonstante der Temperaturmeseinrichtung.
Beispielsweise kann die zweite Zeitkonstante der Spannungsmesseinheit kleiner sein als 100ms, 50ms, 20ms oder 10ms.

25

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die von der Thermosäule erzeugte Thermospannung nicht nur als Messgröße ausgewertet, sondern auch zur Stromversorgung ge-
nutzt. Bei dieser Weiterbildung der Erfindung ist eine Strom-
30 versorgungseinheit vorgesehen, welche die Temperaturmeseinrichtung, die Spannungsmesseinheit, die Auswertungseinheit und/oder das steuerbare Schaltelement mit dem zum Betrieb erforderlichen Strom versorgt, wobei die Stromversorgungseinheit von der Thermosäule gespeist wird, so dass keine externe

Stromversorgung benötigt wird. Zur Erreichung einer ausreichend hohen Versorgungsspannung kann die Thermosäule mehr als 20, 50, 100, 200, 500 oder sogar mehr als 1000 Thermoelemente aufweisen und eine Ausgangsspannung von mehr als 50mV, 100mV
5 oder sogar mehr als 200mV zur Verfügung stellen.

Allgemein umfasst die Erfindung auch den Grundgedanken einer redundanten Strommessung mittels eines Messwerterfassungssystems, wobei das Messwerterfassungssystem den durch das Bauelement fließenden elektrischen Strom nach unterschiedlichen
10 physikalischen Messprinzipien misst, wie beispielsweise durch eine Vierleitermessung von Strom und Spannung einerseits und durch eine Messung der Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement und den Anschlussteilen andererseits. Dieser
15 Grundgedanke einer redundanten Strommessung ist jedoch auch mit anderen Messprinzipien realisierbar.

In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Anschlussteile und/oder das Widerstandselement plattenförmig, insbesondere in ebener oder gebogener Form. Alternativ besteht jedoch
20 auch die Möglichkeit, dass das Bauelement aus einem gewölbten, runden oder anders geformten Material oder aus Rohrstücken geformt ist. Darüber hinaus sind die Anschlussteile vorzugsweise mit dem Widerstandselement verschweißt, insbesondere
25 durch einen Elektronenstrahlverschweißung. Die einzelnen Strommesswiderstände können also aus einem sogenannten Tri-Band abgeschnitten werden, wobei das Tri-Band aus zwei außenliegenden Kupferstreifen bestehen kann, die mit einem in der
Mitte liegenden Manganin-Streifen elektronenstrahlverschweißt
30 sind. Diese Art der Herstellung des Stromsensors aus einem Verbundmaterial ist äußerst kostengünstig, wie in EP 0 605 800 A1 ausführlich erläutert wird.

Weiterhin ist zu erwähnen, dass das Leitermaterial der Anschlusssteile einen kleineren spezifischen elektrischen Widerstand aufweist als das Widerstandsmaterial des Widerstandselements. Beispielsweise kann das Leitermaterial der Anschlusssteile einen spezifischen elektrischen Widerstand von weniger als $5 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $2 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $1 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $5 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ oder sogar $2 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ aufweisen. Das Widerstandsmaterial des Widerstandselements ist dagegen vorzugsweise niederohmig, insbesondere mit einem spezifischen elektrischen Widerstand von weniger als $50 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $20 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $10 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$ oder sogar $5 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$. Das Widerstandsmaterial ist jedoch hochohmiger als das Leitermaterial, insbesondere mit einem spezifischen Widerstand von mehr als $10 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$, $20 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$, $50 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$, $10 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$, $10 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $20 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$.

15

Bei dem Widerstandsmaterial des Widerstandselements handelt es sich vorzugsweise um eine Widerstandslegierung, wie beispielsweise Kupfer-Mangan-Nickel, insbesondere Cu84Ni4Mn12 (Manganin®), Nickel-Chrom, Nickel-Chrom-Aluminium-Silizium, Kupfer-Nickel, Nickel-Eisen, Kupfer-Nickel-Mangan oder Kupfer-Nickel.

Ferner ist zu erwähnen, dass das Widerstandsmaterial des Widerstandselements vorzugsweise eine hohe Temperaturkonstanz bezüglich seines spezifischen elektrischen Widerstands aufweist. Beispielsweise kann der lineare Temperaturkoeffizient des Widerstandsmaterials kleiner sein als $1 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$, $0,5 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$, $0,2 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$, $0,1 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$, $0,05 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$ oder $0,03 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$.

Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass das Widerstandsmaterial des Widerstandselements in der thermoelektrischen Spannungsreihe eine andere Thermokraft aufweisen kann als das Leiter-

material der Anschlusssteile, damit die Messung durch Thermoelemente eine entsprechende Thermospannung erzeugt.

5 Ferner weist das Widerstandsmaterial des Widerstandselements in der Regel eine kleinere Wärmeleitfähigkeit auf als das Leitermaterial der Anschlusssteile, so dass die Temperatur in den Anschlusssteilen nach außen hin langsamer abfällt als in dem Widerstandselement selbst. Beispielsweise kann die Wärmeleitfähigkeit des Widerstandsmaterials im Bereich von $20\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ bis $500\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ liegen.

Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet oder werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1A eine Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen Strommessmoduls,

20 Figur 1B eine Unteransicht des Strommessmoduls gemäß Figur 1A von der Montageseite,

Figur 1C den Temperaturverlauf in dem Strommessmodul gemäß den Figuren 1A und 1B in Stromrichtung,

25

Figur 2 eine Unteransicht einer Abwandlung des Strommessmoduls aus den Figuren 1A-1C mit zwei getrennt kontaktierbaren Thermosäulen,

30 Figur 3 eine Abwandlung des Strommessmoduls gemäß Figur 2 mit zwei elektrisch in der Reihe geschalteten Thermosäulen,

Figur 4 den Verlauf der Thermospannung in Abhängigkeit von dem durch das Strommessmodul fließenden elektrischen Strom,

5 Figur 5 die Änderungsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung bei verschiedenen elektrischen Strömen, sowie

Figur 6 ein vereinfachtes Prinzipschaltbild eines erfindungsgemäßen Strommessmoduls.

10

Die Figuren 1A und 1B zeigen ein erfindungsgemäßes Strommessmodul 1 zur Messung eines elektrischen Stroms in einem Stromkreis, beispielsweise in einem Kraftfahrzeugbordnetz.

15 Das Strommessmodul 1 weist einen Strommesswiderstand 2 auf, der aus zwei plattenförmigen Anschlussteilen 3, 4 aus Kupfer oder einer Kupferlegierung und einem ebenfalls plattenförmigen Widerstandselement 5 aus Manganin® besteht, wobei der Strommesswiderstand 2 aus einem Verbundmaterialband ("Tri-
20 Band") abgeschnitten ist, das aus zwei Kupferstreifen besteht, die mit einem in der Mitte angeordneten Manganin-Streifen elektronenstrahlverschweißt sind, was an sich aus der bereits eingangs erwähnten Patentanmeldung EP 0 605 800 A1 bekannt ist.

25

An der Oberseite des Strommessmoduls 1 befindet sich eine Spannungsmesseinheit 6, die im Wesentlichen aus einer Leiterplatte 7 und elektronischen Bauelementen (z.B. einem ASIC) auf der Leiterplatte 7 besteht, wobei die Spannungsmesseinheit 6 elektrisch mit den beiden Anschlussteilen 3, 4 verbunden ist und die Spannung misst, die über dem Widerstandselement 5 abfällt, um daraus entsprechend dem Ohmschen Gesetz den elektrischen Strom berechnen zu können, der durch den Strommesswiderstand 2 fließt. Die Spannungsmesseinheit 6 kann

hierbei in herkömmlicher Weise ausgebildet sein, wie beispielsweise in der eingangs erwähnten Patentanmeldung EP 1 253 430 A1 beschrieben ist.

5 An der unten liegenden Montageseite des Strommessmoduls 1 ist dagegen eine Temperaturmesseinrichtung 8 angebracht, die eine Thermosäule 9 aufweist, wobei die Thermosäule 9 auf einer Leiterplatte 10 angeordnet ist und zwei Anschlusskontakte 11, 12 aufweist, an denen eine Thermospannung gemessen werden
10 kann, welche die Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement 5 einerseits und den Anschlussteilen 3, 4 andererseits wiedergibt. Hierzu weist die Thermosäule 9 heiße Kontaktstellen 13 und kalte Kontaktstellen 14, 15 auf, wobei die heißen Kontaktstellen 13 das Widerstandselement 5 durch
15 die Leiterplatte 10 hindurch thermisch kontaktieren, wohingegen die kalten Kontaktstellen 14, 15 durch die Leiterplatte 10 hindurch abwechselnd das Anschlussteil 3 und das Anschlussteil 4 thermisch kontaktieren. Die über den Anschlusskontakten 11, 12 abfallende Thermospannung gibt also die Tem-
20 peraturdifferenz zwischen dem Widerstandselement 5 einerseits und den Anschlussteilen 3, 4 andererseits wieder, wobei diese Temperaturdifferenz ein Maß für den elektrischen Strom bildet, der durch den Strommesswiderstand 2 fließt.

25 So zeigt Figur 1C den Temperaturverlauf in dem Strommesswiderstand 2 entlang der Stromrichtung. Daraus ist ersichtlich, dass sich in dem Widerstandselement 5 ein sogenannten "hot spot" 16 mit einer besonders großen Temperatur T ausbildet, während sich die Temperatur T in beiden Richtungen zu den An-
30 schlussteilen 3, 4 verringert. Weiterhin ist aus der Zeichnung ersichtlich, dass der Temperaturverlauf an den Übergängen von dem Widerstandselement 5 zu den Anschlussteilen 3, 4 zwei Knickstellen 17, 18 aufweist, die daher rühren, dass das Leitermaterial der Anschlussteile 3, 4 eine größere Wärme-

leitfähigkeit aufweist als das Widerstandsmaterial des Widerstandselements 5.

Vorteilhaft an dem Strommessmodul 1 ist die Tatsache, dass
5 die Strommessung redundant erfolgt, nämlich zum einen durch die Spannungsmesseinheit 6 und zum anderen durch die Temperaturmesseinrichtung 8.

Figur 2 zeigt eine Bodenansicht einer Abwandlung des Strommessmoduls 1 gemäß den Figuren 1A-1C, so dass zur Vermeidung
10 von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird, wobei für entsprechende Einzelheiten dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

15 Eine Besonderheit dieses Ausführungsbeispiels besteht darin, dass die Temperaturmesseinrichtung 8 zwei Thermosäulen 9.1, 9.2 aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind. Die Thermosäule 9.1 misst hierbei die Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement 5 und dem Anschlusssteil 3, wäh-
20 rend die Thermosäule 9.2 die Temperaturdifferenz zwischen dem Widerstandselement 5 und dem Anschlusssteil 4 misst.

Die Summe der beiden Thermospannungen, die von den beiden Thermosäulen 9.1, 9.2 gemessen werden, bildet hierbei ein Maß
25 für die Größe des elektrischen Stroms, der durch den Strommesswiderstand 2 fließt.

Darüber hinaus verursacht der Peltier-Effekt eine asymmetrische Temperaturverteilung in dem Strommesswiderstand 2, wie
30 auch ansatzweise aus Figur 1C ersichtlich ist. Aus einem Vergleich der beiden Thermospannungen, die von den beiden Thermosäulen 9.1, 9.2 generiert werden, lässt sich dann auch die Stromrichtung ermitteln.

Figur 3 zeigt eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 2, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird, wobei für entsprechende Einzelheiten dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

5

Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 sind die beiden Thermosäulen 9.1, 9.2 hierbei elektrisch in Reihe geschaltet.

10 Figur 4 zeigt exemplarisch den Verlauf einer Thermospannung U in Abhängigkeit von einem elektrischen Strom I , der durch den Strommesswiderstand 2 fließt.

Figur 5 zeigt exemplarisch zeitliche Verläufe der Änderungsgeschwindigkeit dU/dt der Thermospannung in Abhängigkeit von der Zeit nach einer Stromänderung.

15

Schließlich zeigt Figur 6 ein vereinfachtes Schaltbild des Strommessmoduls 1 gemäß den Figuren 1A-1C, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird, wobei für entsprechende Einzelheiten dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

20

Aus diesem Schaltbild ist zusätzlich noch zu erkennen, dass ein Differenzierer 19 vorgesehen ist, der die zeitliche Ableitung $\Delta\dot{T}$ der von der Temperaturmesseinrichtung 8 gemessenen Temperaturdifferenz ΔT bildet.

25

Weiterhin ist eine Auswertungseinheit 20 vorgesehen, die den elektrischen Strom I ermittelt, der durch den Strommesswiderstand 2 fließt. Hierbei berücksichtigt die Auswertungseinheit 20 zum einen die Temperaturdifferenz ΔT und die zeitliche Ableitung $\Delta\dot{T}$ der Temperaturdifferenz ΔT und zum anderen die

30

elektrische Spannung U , die über dem Widerstandselement 5 abfällt und von der Spannungsmesseinheit 6 gemessen wird.

Der auf diese Weise ermittelte Messwert des elektrischen Stroms I wird dann an ein Schwellwertglied 21 weitergeleitet, wobei das Schwellwertglied 21 ein Relais 22 oder ein sonstiges Schaltelement ansteuert. Falls der gemessene elektrische Strom I einen vorgegebenen Maximalwert I_{MAX} überschreitet, so steuert das Schwellwertglied 21 das Relais 22 so an, dass der Stromkreis getrennt wird, um ein weiteres Ansteigen des Stroms zu verhindern. Wenn der elektrische Strom I dann wieder unter einen vorgegebenen Minimalwert I_{MIN} gefallen ist, so steuert das Schwellwertglied 21 das Relais 22 dazu an, dass der Stromkreis wieder geschlossen wird. Das Schwellwertglied 21 weist hierbei eine Schalthysterese auf, um zu häufiges Schalten zu vermeiden.

Schließlich ist noch zu erwähnen, dass das Strommessmodul 1 eine Stromversorgungseinheit 23 aufweist, die von der Thermosäule 9 gespeist wird und die Temperaturmeseinrichtung 8, den Differenzierer 19, die Auswertungseinheit 20, das Schwellwertglied 21, das Relais 22 und die Spannungsmesseinheit 6 mit dem zum Betrieb erforderlichen elektrischen Strom versorgt, so dass das Strommessmodul 1 keine externe Stromversorgung benötigt.

Weiterhin ist zu erwähnen, dass zwischen der Auswertungseinheit 20 und der Spannungsmesseinheit 6 eine galvanische Trennung 24 vorgesehen ist.

Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten und Abwandlungen möglich, die ebenfalls von dem Erfindungsgedanken Gebrauch machen. Darüber

hinaus beansprucht die Erfindung auch Schutz für den Gegenstand der Unteransprüche unabhängig von den Merkmalen der vorangeordneten und in Bezug genommenen Ansprüche, so dass im Rahmen der Erfindung beliebige Merkmalskombinationen der in den Ansprüchen oder in der Beschreibung genannten Merkmale möglich sind.

Bezugszeichenliste:

- 1 Strommessmodul
- 2 Strommesswiderstand
- 3 Anschlusssteil
- 4 Anschlusssteil
- 5 Widerstandselement
- 6 Spannungsmesseinheit
- 7 Leiterplatte
- 8 Temperaturmesseinrichtung
- 9 Thermosäule
- 10 Leiterplatte
- 11 Anschlusskontakt
- 12 Anschlusskontakt
- 13 Heiße Kontaktstelle
- 14 Kalte Kontaktstelle
- 15 Kalte Kontaktstelle
- 16 Hot Spot
- 17 Knickstelle des Temperaturverlaufs
- 18 Knickstelle des Temperaturverlaufs
- 19 Differenzierer
- 20 Auswertungseinheit
- 21 Schwellwertglied
- 22 Relais
- 23 Stromversorgungseinheit
- 24 Galvanische Trennung

* * * * *

ANSPRÜCHE

- 5 1. Elektronisches Bauelement (1), insbesondere Stromsen-
sor, mit
- a) einem Widerstandselement (5) aus einem Widerstandsmate-
rial,
- b) einem ersten Anschlussteil (3) aus einem Leitermaterial
10 zur Einleitung eines elektrischen Stroms (I) in das Wi-
derstandselement (5), und
- c) einem zweiten Anschlussteil (4) aus einem Leitermateri-
al zum Abführen des elektrischen Stroms (I) von dem Wi-
derstandselement (5),
- 15 **gekennzeichnet durch**
- d) eine Temperaturmesseinrichtung (8) zur Messung einer
Temperaturdifferenz (ΔT) zwischen dem Widerstandsele-
ment (5) einerseits und mindestens einem der beiden An-
schlussteile (3, 4) andererseits.
- 20
2. Elektronisches Bauelement (1) nach Anspruch 1, **dadurch
gekennzeichnet, dass** die Temperaturmesseinrichtung (8) min-
destens ein Thermoelement mit einer heißen Kontaktstelle (13)
und einer kalten Kontaktstelle aufweist (14, 15), wobei die
25 heiße Kontaktstelle (13) das Widerstandselement (5) thermisch
kontaktiert, während die kalte Kontaktstelle (14, 15) eines
der beiden Anschlussteile (3, 4) thermisch kontaktiert.
3. Elektronisches Bauelement (1) nach Anspruch 2,
30 **dadurch gekennzeichnet,**
- a) dass die Temperaturmesseinrichtung (8) eine Thermosäule
(9, 9.1, 9.2) mit mehreren Thermoelementen aufweist,
die elektrisch hintereinander geschaltet sind, und

- b) dass die heißen Kontaktstellen (13) der Thermoelemente jeweils das Widerstandselement (5) thermisch kontaktieren, und/oder
- c) dass die kalten Kontaktstellen (14, 15) der Thermoelemente abwechselnd das erste Anschlussstück (3) und das
5 zweite Anschlussstück (4) thermisch kontaktieren.

4. Elektronisches Bauelement (1) nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

- 10 a) dass die Temperaturmesseinrichtung (8) eine erste Thermosäule (9.1) und eine zweite Thermosäule (9.2) aufweist,
- b) dass die heißen Kontaktstellen (13) der beiden Thermosäulen (9.1, 9.2) jeweils das Widerstandselement (5)
15 thermisch kontaktieren,
- c) dass die kalten Kontaktstellen (15) der ersten Thermosäule (9.1) das erste Anschlussstück (3) thermisch kontaktieren,
- d) dass die kalten Kontaktstellen (14) der zweiten Thermosäule (9.2) das zweite Anschlussstück (4) thermisch kontaktieren.
20

5. Elektronisches Bauelement (1) nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 25 a) dass die beiden Thermosäulen (9.1, 9.2) auf dem Bauelement (1) zu einer Reihenschaltung zusammengeschaltet und mit zwei gemeinsamen Anschlusskontakten auf dem Bauelement (1) verbunden sind, oder
- b) dass die beiden Thermosäulen (9.1, 9.2) auf dem Bauelement (1) elektrisch voneinander getrennt und getrennt
30 voneinander mit jeweils zwei Anschlusskontakten verbunden sind, um die Thermospannungen der beiden Thermosäulen getrennt messen zu können.

6. Elektronisches Bauelement (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,**

a) dass die heißen Kontaktstellen (13) der Thermoelemente auf dem Widerstandselement (5) in einer Reihe nebeneinander liegen, wobei die Reihe der heißen Kontaktstellen (13) im Wesentlichen quer zur Stromrichtung verläuft, oder

b) dass die heißen Kontaktstellen (13) der Thermoelemente auf dem Widerstandselement (5) verteilt angeordnet sind.

7. Elektronisches Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

a) dass die Temperaturmesseinrichtung (8) mit einer bestimmten ersten Zeitkonstante auf eine zeitliche Änderung der Temperaturdifferenz (ΔT) reagiert, wobei die erste Zeitkonstante größer ist als 0,5s, 1s, 2s, 5s oder 10s, und/oder

b) dass die Temperaturmesseinrichtung (8) die zeitliche Änderung der gemessenen Temperaturdifferenz (ΔT) ermittelt und auswertet, und/oder

c) dass die Temperaturmesseinrichtung (8) galvanisch von den Anschlussteilen (3, 4) und dem Widerstandselement (5) getrennt ist, und/oder

d) dass die Temperaturmesseinrichtung (8) baulich in das elektronische Bauelement (1) integriert ist, und/oder

e) dass die Temperaturmesseinrichtung (8) eine Auswertungseinheit (20) aufweist, die aus der gemessenen Temperaturdifferenz (ΔT) den elektrischen Strom (I) oder die elektrische Leistung ermittelt, der durch das elektronische Bauelement (1) fließt, und/oder

f) dass die Temperaturmesseinrichtung (8) eine Leiterplatte (10) aufweist, die an den Anschlussteilen (3, 4) und/oder an dem Widerstandselement (5) befestigt ist.

8. Elektronisches Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** ein steuerbares Schaltelement (22), wobei das Schaltelement (22) mit der Temperaturmesseinrichtung (8) verbunden ist und in Abhängigkeit von der gemessenen Temperaturdifferenz (ΔT) schaltet.

9. Elektronisches Bauelement (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet,**

- 10 a) dass das steuerbare Schaltelement (22) ein Relais ist, insbesondere (22) ein bistabiles Relais, und/oder
- b) dass das Schaltelement (22) mit dem Widerstandselement (5) elektrisch in Reihe geschaltet ist, und/oder
- c) dass das Schaltelement (22) öffnet, wenn die von der
15 Temperaturmesseinrichtung (8) gemessene Temperaturdifferenz (ΔT) einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet und/oder
- d) dass das Schaltelement (22) schließt, wenn die von der
20 Temperaturmesseinrichtung (8) gemessene Temperaturdifferenz (ΔT) einen vorgegebenen Minimalwert unterschreitet, und/oder
- e) dass das Schaltelement (22) baulich in das elektronische Bauelement (1) integriert ist.

25 10. Elektronisches Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Spannungsmesseinheit (6), welche die elektrische Spannung misst, die über dem Widerstandselement (5) abfällt.

30 11. Elektronisches Bauelement (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet,**

- a) dass die Spannungsmesseinheit (6) baulich in das elektronische Bauelement (1) integriert ist, und/oder

- b) dass die Spannungsmesseinheit (6) eine Leiterplatte (7) aufweist, die an den Anschlussteilen (3, 4) und/oder an dem Widerstandselement (5) befestigt ist, und/oder
- c) dass die Spannungsmesseinheit (6) zwei Spannungsabgriffe aufweist, die elektrisch mit den beiden Anschlussteilen (3, 4) verbunden sind, um die über dem Widerstandselement (5) abfallende Spannung zu messen, und/oder
- d) dass die Spannungsmesseinheit (6) einerseits und die Temperaturmesseinrichtung (8) andererseits auf gegenüberliegenden Seiten des elektronischen Bauelements (1) angeordnet sind, und/oder
- e) dass die Spannungsmesseinheit (6) mit einer bestimmten zweiten Zeitkonstante auf eine zeitliche Änderung des durch das elektronische Bauelement (1) fließenden elektrischen Stroms (I) reagiert, wobei die zweite Zeitkonstante kleiner ist als die erste Zeitkonstante der Temperaturmesseinrichtung (8) und/oder kleiner als 100ms, 50ms, 20ms oder 10ms.
12. Elektronisches Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
- a) dass eine Stromversorgungseinheit (23) vorgesehen ist, welche die Temperaturmesseinrichtung (8) und/oder die Spannungsmesseinheit (6) und/oder das steuerbare Schaltelement (22) mit dem zum Betrieb erforderlichen elektrischen Strom versorgt, und/oder
- b) dass die Stromversorgungseinheit (23) von der Thermosäule (9, 9.1, 9.2) gespeist wird, und/oder
- c) dass die Thermosäule (9, 9.1, 9.2) mehr als 20, 50, 100, 200, 500 oder mehr als 1000 Thermoelemente aufweist, und/oder
- d) dass die Thermosäule (9, 9.1, 9.2) im bestromten Zustand des elektronischen Bauelements (1) eine Ausgangs-

spannung von mehr als 50mV, 100mV oder mehr als 200mV zur Verfügung stellt, und/oder

- e) dass das elektronische Bauelement (1) aufgrund der integrierten Stromversorgungseinheit (23) keine externe Stromversorgung benötigt.

13. Elektronisches Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche oder deren Oberbegriff,

dadurch gekennzeichnet,

- 10 a) dass zur Messung des durch das elektronische Bauelement (1) fließenden elektrischen Stroms (I) ein Messwerterfassungssystem vorgesehen ist, und/oder
- b) dass das Messwerterfassungssystem baulich in das elektronische Bauelement (1) integriert ist, und/oder
- 15 c) dass das Messwerterfassungssystem den durch das elektronische Bauelement (1) fließenden elektrischen Strom (I) nach mehreren unterschiedlichen physikalischen Messprinzipien misst, insbesondere durch eine Vierleitermessung von Strom (I) und Spannung einerseits und
- 20 durch eine Messung der Temperaturdifferenz (ΔT) zwischen dem Widerstandselement (5) und den Anschlussteilen (3, 4) andererseits.

14. Elektronisches Bauelement (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

- a) dass die Anschlussteile (3, 4) und/oder das Widerstandselement (5) plattenförmig sind, insbesondere in ebener oder gebogener Form, und/oder
- b) dass die Anschlussteile (3, 4) mit dem Widerstandselement (5) verschweißt sind, insbesondere durch eine Elektronenstrahlverschweißung, und/oder
- 30 c) dass das Leitermaterial der Anschlussteile (3, 4) Kupfer oder eine Kupferlegierung ist, und/oder

- d) dass das Leitermaterial der Anschlusssteile (3, 4) einen kleineren spezifischen elektrischen Widerstand aufweist als das Widerstandsmaterial des Widerstandselements (5), und/oder
- 5 e) dass das Leitermaterial der Anschlusssteile (3, 4) einen spezifischen elektrischen Widerstand von weniger als $5 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $2 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $1 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $5 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ oder $2 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ aufweist, und/oder
- f) dass das Widerstandsmaterial des Widerstandselements
10 (5) eine Widerstandslegierung ist, insbesondere Kupfer-Mangan-Nickel, insbesondere $\text{Cu}_{84}\text{Ni}_{4}\text{Mn}_{12}$, Nickel-Chrom, Nickel-Chrom-Aluminium-Silizium, Kupfer-Nickel, Nickel-Eisen, Kupfer-Nickel-Mangan oder Kupfer-Nickel, und/oder
- 15 g) dass das Widerstandsmaterial des Widerstandselements (5) niederohmig ist, insbesondere mit einem spezifischen elektrischen Widerstand von weniger als $50 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $20 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $10 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$ oder $5 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, und/oder
- h) dass das Widerstandsmaterial des Widerstandselements
20 (5) eine hohe Temperaturkonstanz bezüglich seines spezifischen elektrischen Widerstands aufweist, insbesondere mit einem linearen Temperaturkoeffizienten von weniger als $1 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$, $0,5 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$, $0,2 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$, $0,1 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$, $0,05 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$ oder $0,03 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$, und/oder
- 25 i) dass das Widerstandsmaterial des Widerstandselements (5) in der thermoelektrischen Spannungsreihe eine andere Thermokraft aufweist als das Leitermaterial der Anschlusssteile (3, 4), und/oder
- j) dass das Widerstandsmaterial des Widerstandselements
30 (5) eine kleinere Wärmeleitfähigkeit aufweist als das Leitermaterial der Anschlusssteile (3, 4), und/oder
- k) dass die Wärmeleitfähigkeit des Widerstandsmaterials des Widerstandselements (5) kleiner ist als $100 \text{Wm}^{-1} \text{K}^{-1}$,

50Wm⁻¹K⁻¹ oder 25Wm⁻¹K⁻¹ und/oder größer als 1Wm⁻¹K⁻¹,
2Wm⁻¹K⁻¹, 5Wm⁻¹K⁻¹, 10Wm⁻¹K⁻¹ oder 20Wm⁻¹K⁻¹, und/oder

1) dass die Wärmeleitfähigkeit des Leitermaterials der An-
schlusssteile (3, 4) größer ist als 100Wm⁻¹K⁻¹, 200Wm⁻¹K⁻¹
5 oder 300Wm⁻¹K⁻¹ und/oder kleiner als 2000Wm⁻¹K⁻¹, 1000Wm⁻¹
K⁻¹ oder 500Wm⁻¹K⁻¹, und/oder

m) dass das Widerstandsmaterial hochohmiger ist als das
Leitermaterial, insbesondere mit einem spezifischen e-
lektrischen Widerstand von mehr als 10·10⁻⁸Ωm, 20·10<sup>-
10</sup> 8Ωm, 50·10⁻⁸Ωm, 10·10⁻⁸Ωm, 10·10⁻⁷Ωm oder 20·10⁻⁷Ωm.

* * * * *

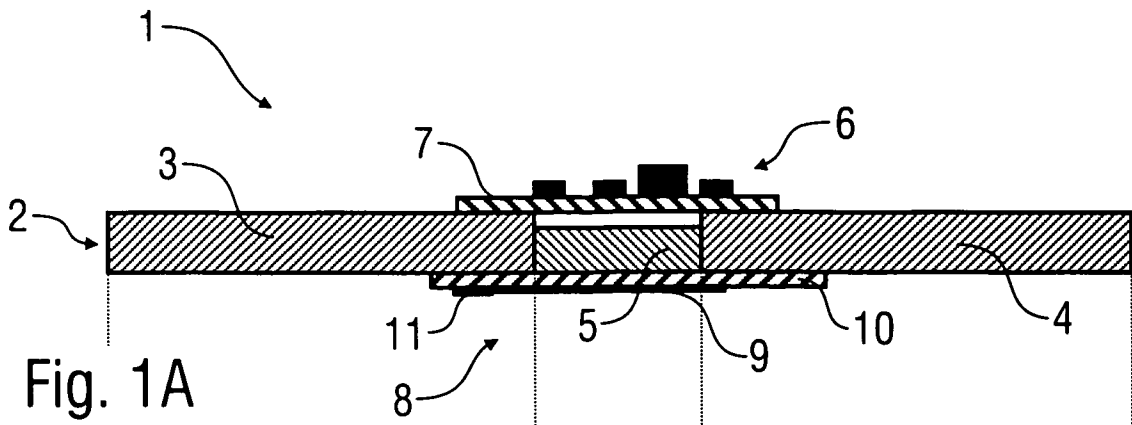


Fig. 1A

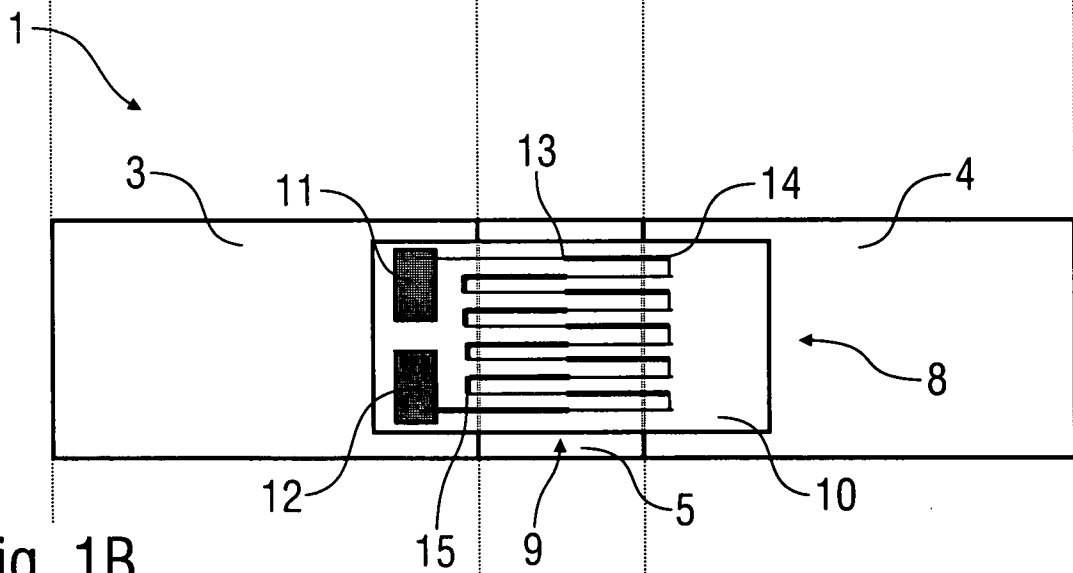


Fig. 1B

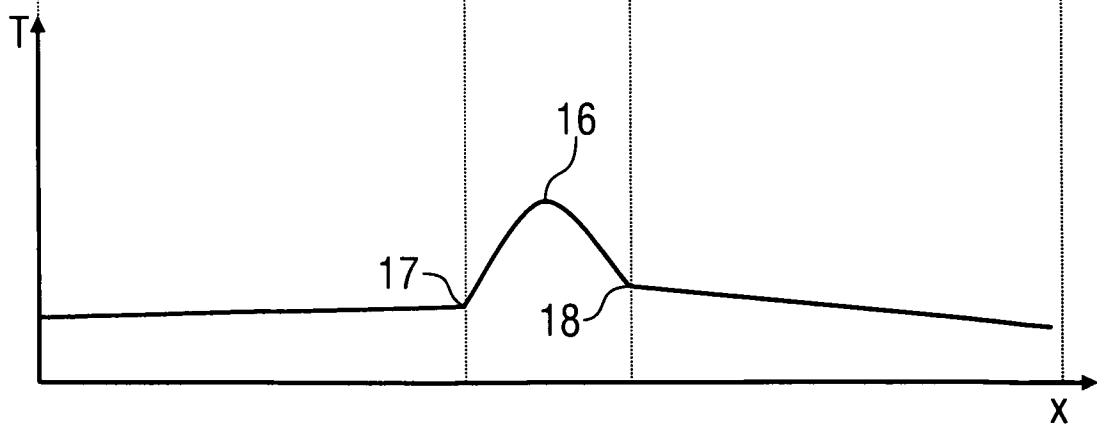


Fig. 1C

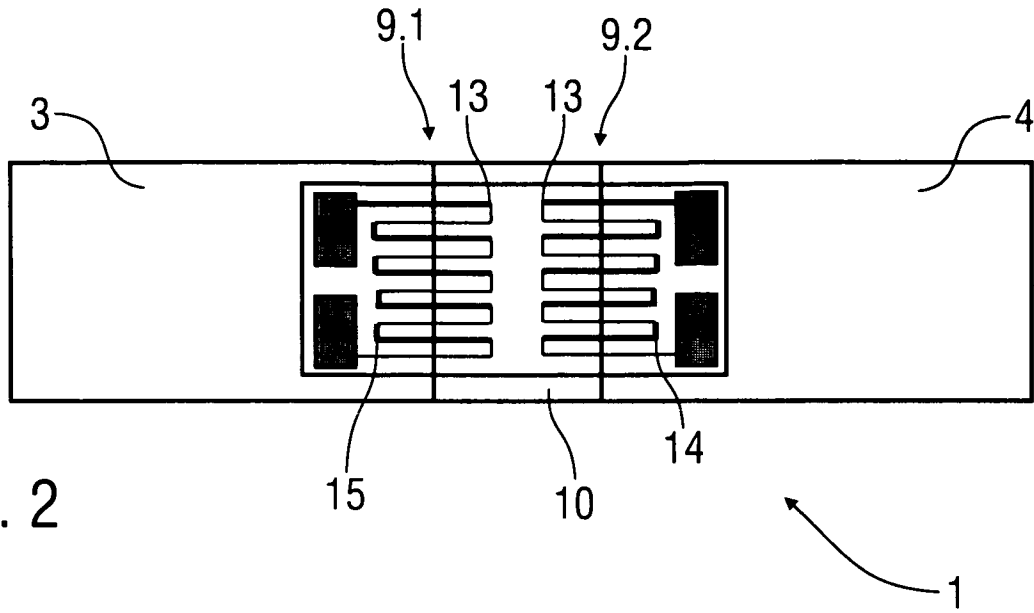


Fig. 2

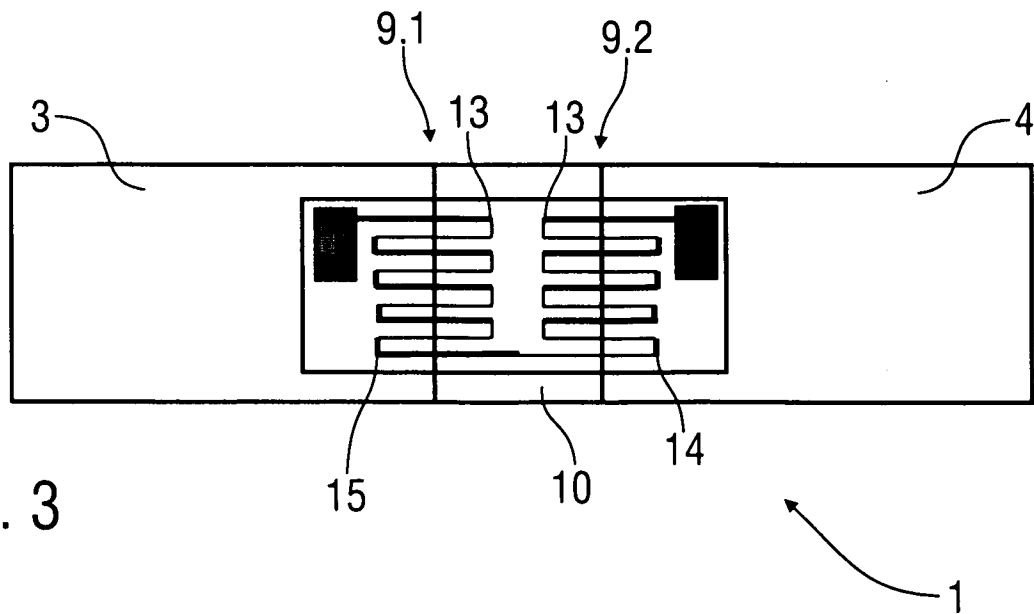


Fig. 3

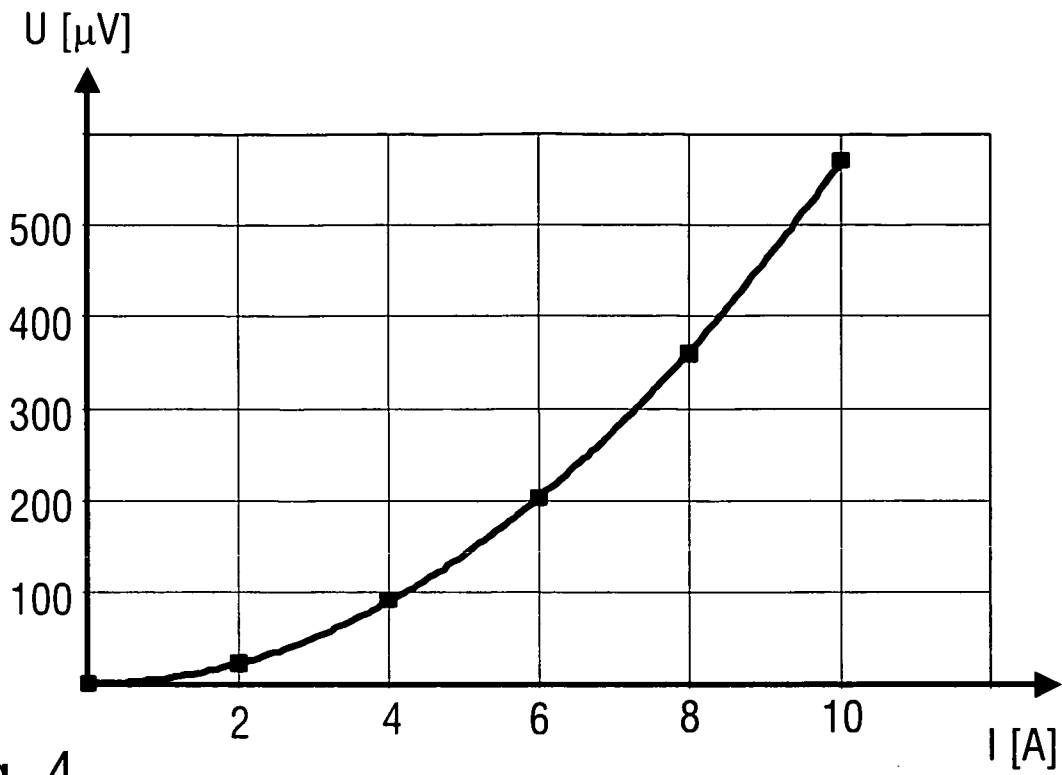


Fig. 4

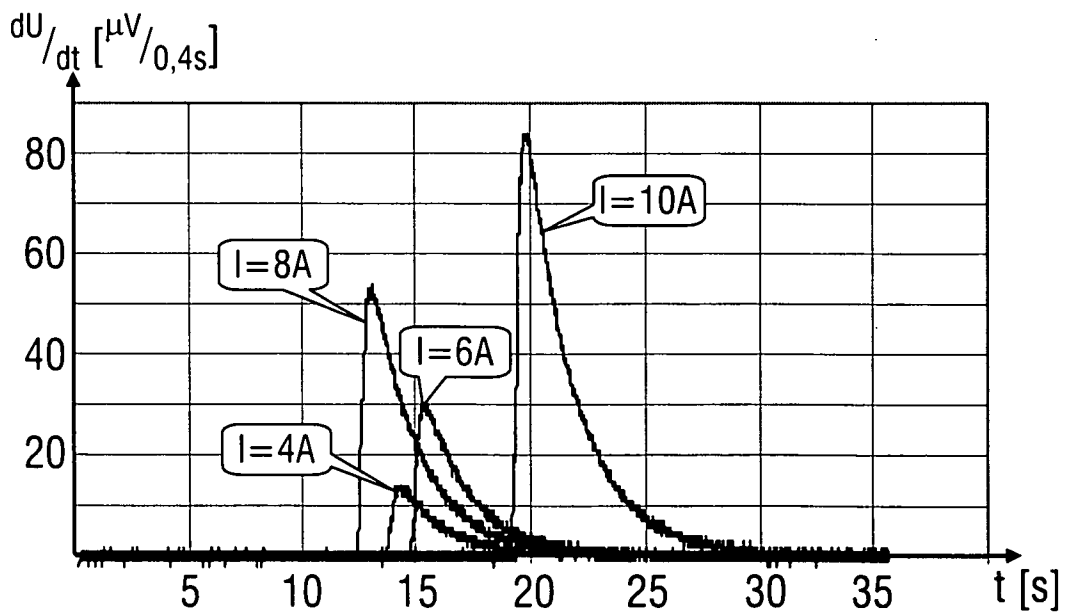


Fig. 5

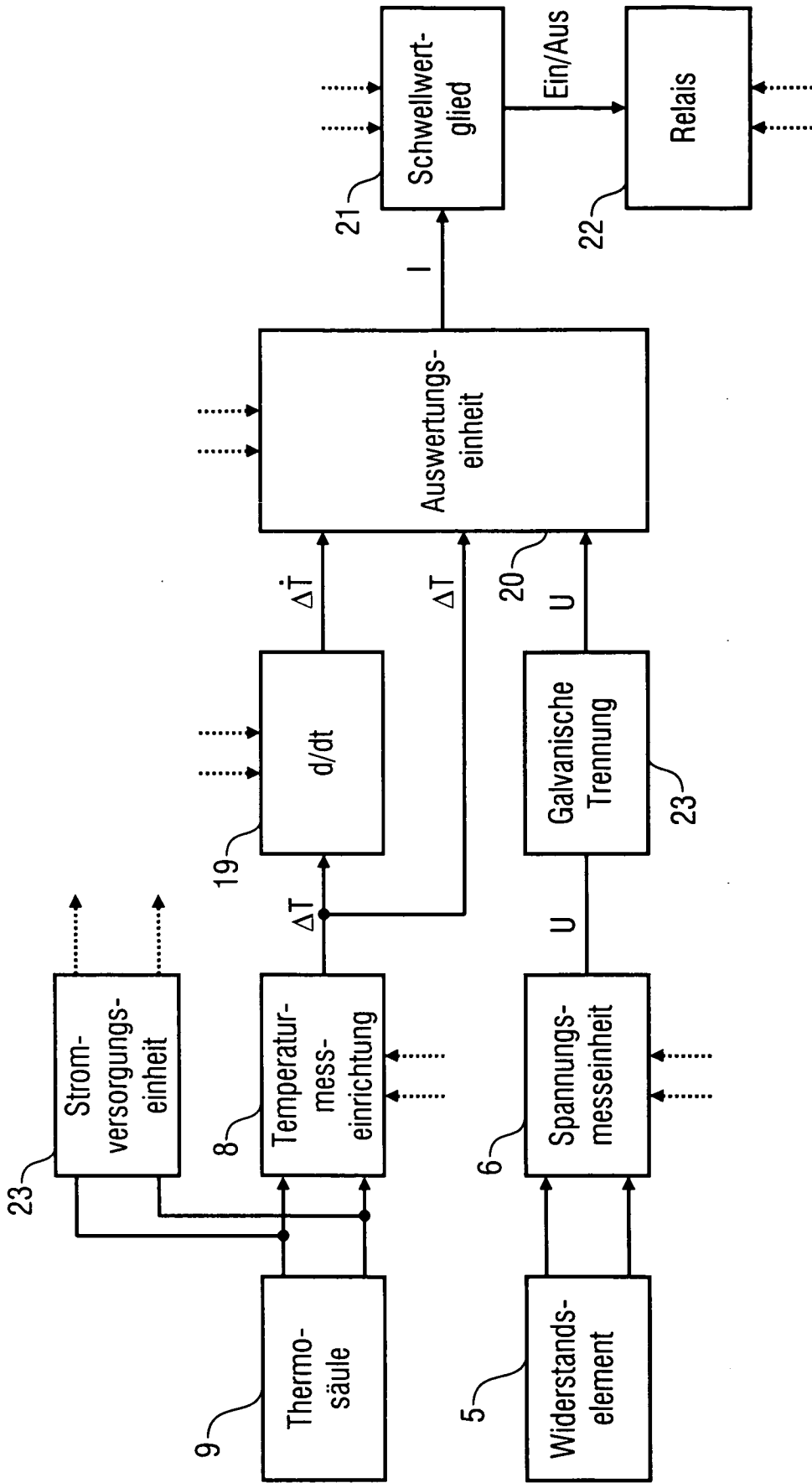


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/000170

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G01R1/20 G01R19/03
 ADD. G01R21/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 G01R H02H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
 EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| X | US 1 407 147 A (GOODWIN JR. WILLIAM NELSON) 21 February 1922 (1922-02-21) figure 3 page 1, column 1, line 9 - line 29 page 1, column 2, line 61 - page 2, column 1, line 2 page 3, column 2, line 114 - page 3, column 1, line 20 | 1-14 |
| X | WO 97/17616 A1 (SMITHS INDUSTRIES PLC [GB]; BEARDMORE GEOFFREY [GB]) 15 May 1997 (1997-05-15) figures 2,3 page 1, line 10 - line 20 page 2, line 9 - line 12 page 3, line 11 - page 4, line 22 page 5, line 19 - page 6, line 15 | 1-14 |
| | ----- -/-- | |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

| | |
|--|--|
| Date of the actual completion of the international search 23 May 2011 | Date of mailing of the international search report 01/06/2011 |
|--|--|

| | |
|--|---|
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer Hof, Klaus-Dieter |
|--|---|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/000170

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|---|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | DE 42 43 349 A1 (HEUSLER ISABELLENHUETTE [DE]) 30 June 1994 (1994-06-30) the whole document | 11,13,14 |
| A | ----- US 6 639 395 B2 (MALE BARRY JON [US]) 28 October 2003 (2003-10-28) the whole document | 1-14 |
| A | ----- DE 20 2006 003595 U1 (ISABELLENHUETTE HEUSLER GMBH & [DE]) 11 May 2006 (2006-05-11) the whole document | 2-6,12 |
| A | ----- EP 1 030 185 A2 (HEUSLER ISABELLENHUETTE [DE]) 23 August 2000 (2000-08-23) the whole document | 1-14 |
| A | ----- US 3 477 880 A (GAY FRANK MUNRO) 11 November 1969 (1969-11-11) the whole document | 1-14 |
| | ----- | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

| |
|---|
| International application No PCT/EP2011/000170 |
|---|

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|------------------|
| US 1407147 | A | NONE | |
| ----- | | | |
| WO 9717616 | A1 | 15-05-1997 | |
| | | AT 198940 T | 15-02-2001 |
| | | AU 7579196 A | 29-05-1997 |
| | | DE 69611690 D1 | 01-03-2001 |
| | | DE 69611690 T2 | 10-05-2001 |
| | | EP 0859961 A1 | 26-08-1998 |
| | | JP 2000500231 T | 11-01-2000 |
| | | US 6121766 A | 19-09-2000 |
| ----- | | | |
| DE 4243349 | A1 | 30-06-1994 | |
| | | AT 135490 T | 15-03-1996 |
| | | EP 0605800 A1 | 13-07-1994 |
| | | ES 2086858 T3 | 01-07-1996 |
| | | JP 2562410 B2 | 11-12-1996 |
| | | JP 6224014 A | 12-08-1994 |
| ----- | | | |
| US 6639395 | B2 | 28-10-2003 | |
| | | US 2003117127 A1 | 26-06-2003 |
| ----- | | | |
| DE 202006003595 | U1 | 11-05-2006 | |
| | | NONE | |
| ----- | | | |
| EP 1030185 | A2 | 23-08-2000 | |
| | | DE 19906276 A1 | 21-09-2000 |
| | | ES 2187403 T3 | 16-06-2003 |
| | | ES 2213130 T3 | 16-08-2004 |
| | | JP 3413382 B2 | 03-06-2003 |
| | | JP 2000235050 A | 29-08-2000 |
| | | JP 2003270274 A | 25-09-2003 |
| | | US 6489693 B1 | 03-12-2002 |
| ----- | | | |
| US 3477880 | A | 11-11-1969 | |
| | | GB 1072811 A | 21-06-1967 |
| ----- | | | |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01R1/20 G01R19/03

ADD. G01R21/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01R H02H

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X | US 1 407 147 A (GOODWIN JR. WILLIAM NELSON) 21. Februar 1922 (1922-02-21) Abbildung 3 Seite 1, Spalte 1, Zeile 9 - Zeile 29 Seite 1, Spalte 2, Zeile 61 - Seite 2, Spalte 1, Zeile 2 Seite 3, Spalte 2, Zeile 114 - Seite 3, Spalte 1, Zeile 20 | 1-14 |
| X | ----- WO 97/17616 A1 (SMITHS INDUSTRIES PLC [GB]; BEARDMORE GEOFFREY [GB]) 15. Mai 1997 (1997-05-15) Abbildungen 2,3 Seite 1, Zeile 10 - Zeile 20 Seite 2, Zeile 9 - Zeile 12 Seite 3, Zeile 11 - Seite 4, Zeile 22 Seite 5, Zeile 19 - Seite 6, Zeile 15 ----- -/-- | 1-14 |

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen
 Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. Mai 2011

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

01/06/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hof, Klaus-Dieter

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|---|--|--------------------|
| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| A | DE 42 43 349 A1 (HEUSLER ISABELLENHUETTE [DE]) 30. Juni 1994 (1994-06-30) das ganze Dokument ----- | 11,13,14 |
| A | US 6 639 395 B2 (MALE BARRY JON [US]) 28. Oktober 2003 (2003-10-28) das ganze Dokument ----- | 1-14 |
| A | DE 20 2006 003595 U1 (ISABELLENHUETTE HEUSLER GMBH & [DE]) 11. Mai 2006 (2006-05-11) das ganze Dokument ----- | 2-6,12 |
| A | EP 1 030 185 A2 (HEUSLER ISABELLENHUETTE [DE]) 23. August 2000 (2000-08-23) das ganze Dokument ----- | 1-14 |
| A | US 3 477 880 A (GAY FRANK MUNRO) 11. November 1969 (1969-11-11) das ganze Dokument ----- | 1-14 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/000170

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 1407147 | A | KEINE | |
| WO 9717616 | A1 | 15-05-1997 | |
| | | AT 198940 T | 15-02-2001 |
| | | AU 7579196 A | 29-05-1997 |
| | | DE 69611690 D1 | 01-03-2001 |
| | | DE 69611690 T2 | 10-05-2001 |
| | | EP 0859961 A1 | 26-08-1998 |
| | | JP 2000500231 T | 11-01-2000 |
| | | US 6121766 A | 19-09-2000 |
| DE 4243349 | A1 | 30-06-1994 | |
| | | AT 135490 T | 15-03-1996 |
| | | EP 0605800 A1 | 13-07-1994 |
| | | ES 2086858 T3 | 01-07-1996 |
| | | JP 2562410 B2 | 11-12-1996 |
| | | JP 6224014 A | 12-08-1994 |
| US 6639395 | B2 | 28-10-2003 | |
| | | US 2003117127 A1 | 26-06-2003 |
| DE 202006003595 | U1 | 11-05-2006 | |
| | | KEINE | |
| EP 1030185 | A2 | 23-08-2000 | |
| | | DE 19906276 A1 | 21-09-2000 |
| | | ES 2187403 T3 | 16-06-2003 |
| | | ES 2213130 T3 | 16-08-2004 |
| | | JP 3413382 B2 | 03-06-2003 |
| | | JP 2000235050 A | 29-08-2000 |
| | | JP 2003270274 A | 25-09-2003 |
| | | US 6489693 B1 | 03-12-2002 |
| US 3477880 | A | 11-11-1969 | |
| | | GB 1072811 A | 21-06-1967 |