



(10) **DE 10 2014 013 368 B4** 2019.10.17

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 013 368.0**  
 (22) Anmeldetag: **09.09.2014**  
 (43) Offenlegungstag: **10.03.2016**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **17.10.2019**

(51) Int Cl.: **G01R 19/00** (2006.01)  
**H01L 29/73** (2006.01)  
**G01K 7/01** (2006.01)  
**G01R 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).

(73) Patentinhaber:  
**Infineon Technologies Austria AG, Villach, AT**

(74) Vertreter:  
**derzeit kein Vertreter bestellt**

(72) Erfinder:  
**Draxelmayr, Dieter, Villach, AT; Makinwa, Kofi, Delft, NL; Shalmany, Saleh Heidary, Delft, NL**

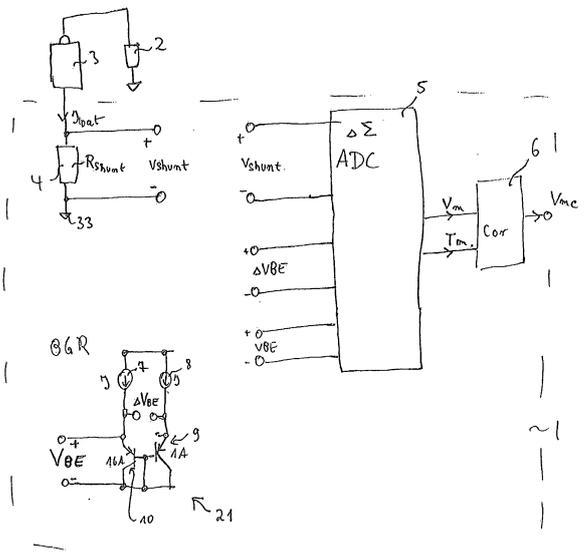
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2008 000 218	A1
DE	10 2011 076 651	A1
US	2011 / 0 291 741	A1
US	2013 / 0 334 662	A1
US	6 028 426	A

**SHALMANY, S. H. [et al.]: A Micropower Battery Current Sensor with  $\pm 0.03\%$  ( $3\sigma$ ) Inaccuracy from  $-40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$ . In: Dig. ISSCC, 2013, S. 386 - 387. – ISSN 0193-6530**

(54) Bezeichnung: **Metallischer Shuntwiderstand**

(57) Hauptanspruch: Shuntwiderstand (4), umfassend  
 - zwei Anschlüsse (T1, T2),  
 - ein Halbleitersubstrat (100), das zumindest einen ein temperaturempfindliches Element umfassenden Temperatursensor enthält, wobei das temperaturempfindliche Element PNP-Transistoren (9, 10) umfasst,  
 - zumindest zwei Metallschichten (M1-M5) über dem Halbleitersubstrat (100), wobei zumindest eine obere Metallschicht (M5) einen Pfad umfasst, welcher die beiden Anschlüsse (T1, T2) elektrisch verbindet, wobei der Temperatursensor unterhalb und innerhalb des Randes der oberen Metallschicht (M5) ist, und wobei eine untere (M1) der Metallschichten Leitungen (15-20) umfasst, die mit Anschlüssen der PNP-Transistoren (9, 10) des temperaturempfindlichen Elements verbunden sind.



**Beschreibung****Zusammenfassung****Hintergrund**

**[0001]** Shuntwiderstände können in Stromfühlsystemen (CSS) verwendet werden. Der Artikel „A micro-power battery current sensor with  $\pm 0.03\%$  ( $3\sigma$ ) inaccuracy from  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$ “, Dig. ISSCC, S. 386-387, Feb. 2013, S. H. Shalmany, D. Draxelmayr, und K. A. A. Makinwa offenbart einen metallischen Shuntwiderstand, der mit einer Batterie in Reihe verbunden ist. Batteriestrom, der durch den Shuntwiderstand fließt, bewirkt einen Spannungsabfall, der mithilfe eines Analog-Digital-Wandlers (ADC) gemessen wird. Der Shuntwiderstand weist einen großen Temperaturkoeffizienten von etwa  $0,35\ \%/^{\circ}\text{C}$  auf und erwärmt sich um etwa  $6^{\circ}\text{C}$  pro 1A Strom durch den Widerstand. Es kann Shuntwiderstände mit einem anderen Temperaturkoeffizienten geben. Zum Beispiel kann dieser abhängig von der Zusammensetzung des Shuntwiderstandes (Kupfer / Aluminium, durch die Bauweise, ...) variieren. Ferner sind Präzisionsshuntwiderstände als externe Bauteile mit relativ niedrigen Temperaturkoeffizienten (nominell null) verfügbar. Dies kostet jedoch Platz auf der Leiterplatte und Geld. Das Ausgabesignal eines Temperatursensors wird in einem Korrektorschaltkreis des Analog-Digital-Wandlers verwendet, um die Eigenerwärmung des Widerstandes zu kompensieren. Sogar mit diesem Kompensationsschema bleibt aufgrund der Temperaturabhängigkeit des Shuntwiderstandes eine Ungenauigkeit der Stromführung. Es gibt im Grunde genommen zwei Haupteinflussfaktoren: die Ungenauigkeit des Temperaturkoeffizienten und die Ungenauigkeit der Messung der tatsächlichen Shuntwiderstandtemperatur.

**[0002]** In US 2013 / 0 334 662 A1 wird ein Strommesswiderstand gezeigt, der in Metal-über-Passivierung implementiert ist und der einen Temperatursensor enthält. DE 10 2008 000 218 A1 offenbart eine Teststruktur mit einem Temperatureinsteller in der Nähe eines leitenden Merkmals. DE 10 2011 076 651 A1 offenbart einen Halbleiterchip mit einem Strommesswiderstand und einem Temperaturmesswiderstand. US 6 028 426 A beschreibt einen Strommesswiderstand, der auf einer Leiterplatte aufgebracht ist, und einen Thermistor, der in thermischen Kontakt mit dem Shuntwiderstand ist. In US 2011 / 0 291 741 A1 wird ein Temperaturmesswiderstand, der mit einem ersten Analog/Digital-Wandler verbunden ist, und ein Strommesswiderstand, der mit einem zweiten Analog/Digital-Wandler verbunden ist, gezeigt.

**[0003]** Es ist ein Ziel der Erfindung, die Ungenauigkeit eines Stromfühlsystems zu reduzieren.

**[0004]** Dieses Ziel wird mithilfe des Gegenstandes des unabhängigen Anspruches erreicht.

**[0005]** In einer Ausführungsform wird ein integrierter Stromfühlschaltkreis mit einem Shuntwiderstand bereitgestellt. Der Shuntwiderstand umfasst zwei Anschlüsse und ein Halbleitersubstrat, das zumindest einen, ein temperaturempfindliches Element umfassenden Temperatursensor enthält. Das temperaturempfindliche Element umfasst PNP-Transistoren. Der Shuntwiderstand umfasst weiterhin zumindest zwei Metallschichten über dem Halbleitersubstrat, wobei zumindest eine obere der Metallschichten einen Pfad umfasst, der die beiden Anschlüsse elektrisch verbindet, wobei der Temperatursensor unterhalb und innerhalb des Randes der oberen Metallschicht ist. Die untere der Metallschichten umfasst Leitungen, die mit Anschlüssen der PNP-Transistoren des temperaturempfindlichen Elements verbunden sind.

**[0006]** Die vorangehende Zusammenfassung ist rein veranschaulichend und soll in keiner Weise beschränkend sein. Zusätzlich zu den oben beschriebenen veranschaulichenden Aspekten, Ausführungsformen und Merkmalen werden weitere Aspekte, Ausführungsformen und Merkmale durch Bezugnahme auf die Zeichnungen und die folgende Detailbeschreibung offensichtlich.

**Figurenliste**

**[0007]** Die vorangehenden und andere Merkmale dieser Offenbarung werden, in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen, aus der folgenden Beschreibung und den beiliegenden Ansprüchen stärker offensichtlich. In dem Verständnis, dass diese Zeichnungen mehrere Ausführungsformen gemäß der Offenbarung darstellen und daher nicht als deren Schutzzumfang beschränkend zu betrachten sind, wird die Offenbarung mit zusätzlicher Genauigkeit und Detailliertheit durch die Verwendung der beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen:

**Fig. 1** eine schematische Übersicht über die Funktionsblöcke eines Stromfühlsystems (CSS) zeigt.

**Fig. 2** einen Querschnitt durch einen Nebenschlusswiderstand und einen Teil eines Spannungsreferenzschaltkreises des CSS aus **Fig. 1** zeigt.

**Fig. 3** die Layouts des CSS aus **Fig. 1** zeigt.

**Detailbeschreibung der Zeichnungen**

**[0008]** In der folgenden Detailbeschreibung wird Bezug auf die beigefügten Zeichnungen genommen, die auch Teil der Beschreibung sind. Sofern nicht anders erwähnt, kann die Beschreibung nachfolgender Zeichnungen auf Merkmale aus einer oder mehreren der vorangehenden Zeichnungen Bezug nehmen.

men, um einen klareren Kontext sowie eine umfangreichere Erklärung der aktuellen, beispielhaften Ausführungsform bereitzustellen. Dennoch sollen die beispielhaften Ausführungsformen, die in der Detailbeschreibung, den Zeichnungen und den Ansprüchen beschrieben werden, nicht beschränkend sein. Andere Ausführungsformen können verwendet werden, und andere Änderungen können vorgenommen werden, ohne vom Sinn und vom Schutzzumfang des hier präsentierten Gegenstandes abzuweichen. Es wird leicht zu verstehen sein, dass die Aspekte der vorliegenden Offenbarung, wie allgemein hier beschrieben und in den Figuren dargestellt, in einer großen Vielzahl von unterschiedlichen Konfigurationen angeordnet, ausgetauscht, kombiniert, getrennt und ausgelegt werden kann, die alle explizit hierin erfasst sind.

**[0009]** Fig. 1 zeigt eine schematische Übersicht der Funktionsblöcke eines Stromfühlsystems (CSS) 1. Das CSS 1 umfasst eine Last 2, eine Batterie 3 und einen Shuntwiderstand 4, einen Analog-Digital-Wandler (ADC) 5, einen Korrekturschaltkreis 6 und einen Bandlücken-Referenzschaltkreis (BGR) 21. Die Batterie 3 stellt eine Spannung bereit, wobei ein Anschluss der Batterie 3 mit einem Anschluss der Last verbunden ist, deren zweiter Anschluss mit Masse 33 verbunden ist. Der zweite Anschluss der Batterie 3 ist mit einem ersten Anschluss des Shuntwiderstandes 4 verbunden, dessen zweiter Anschluss mit Masse 33 verbunden ist. Daher fließt der Strom durch die Batterie auch durch den Shuntwiderstand 4. Die Spannung zwischen den beiden Anschlüssen des Shuntwiderstandes 4 ist  $V_{shunt}$ . Da dies eine Reihenschaltung von Elementen ist, könnte diese Reihenschaltung auch in einer anderen Reihenfolge sein. Zum Beispiel könnte man auch in Erwägung ziehen, den Shuntwiderstand mit dem positiven Anschluss der Batterie zu verbinden. Die „Batterie“ könnte jedoch eine beliebige Energiequelle sein. Sie könnte auch ein elektronischer Schaltkreis sein, zum Beispiel ein Transformator mit einem Gleichrichter. Der Shuntwiderstand wird auch in einer 4-Draht-Abfühlkonfiguration (Kelvinschaltung) verwendet, welche den Fehler bei der I-zu-V-Umwandlung eliminiert, der durch den parasitären Shuntwiderstand/Anschlusswiderstand verursacht wird.

**[0010]** Die Bandlückenreferenz 21 umfasst einen ersten Bipolartransistor 9, einen zweiten Bipolartransistor 10, die beide pnp-Transistoren sind. Die Basen und die Kollektoren der Transistoren 9 und 10 sind mit Masse 33 verbunden, während der Emitter des ersten Transistors 9 mit einem ersten Anschluss einer ersten Stromquelle 8 verbunden ist und der Emitter des zweiten Transistors 10 mit einem ersten Anschluss einer zweiten Stromquelle 7 verbunden ist. Die Spannung zwischen dem Kollektor und dem Emitter des zweiten Transistors 10 ist die Spannung  $V_{BE}$  („Diodenspannung“) mit einem signifikant negativen Temperaturkoeffizienten, und die Span-

nung zwischen den Emittoren des ersten Transistors 9 und des zweiten Transistors 10 ist die temperaturabhängige Spannung  $\Delta V_{BE}$  mit einem positiven Temperaturkoeffizienten. Die Stromdichte durch den zweiten Transistor 10 ist 16 Mal kleiner als der Strom durch den ersten Transistor. Die Dimensionen des Strompegels, die Fläche für die PNPs und das Stromdichteverhältnis sollte sehr genau definiert sein. Zu diesem Zweck können dynamische Elementanpassungstechniken verwendet werden. Die Stromdichte sollte nicht zu hoch sein, wenn der parasitäre Widerstand des Transistors die Genauigkeit herabsetzt, und sollte nicht zu gering sein, wenn das Beta der Transistoren nicht gleich ist.

**[0011]** Der Temperatursensor umfasst ein temperaturempfindliches Element mit zumindest einem pn-Übergang. Es gibt viele mögliche Varianten: pnp könnte npn sein, die Transistoren könnten Dioden sein, die Manipulation des positiven und negativen TC könnte analog oder digital nach dem ADC erfolgen.

**[0012]** In jedem Fall dienen diese „Bandlückenspannungen“ dazu, die Temperatur zu bestimmen. Es ist jedoch allgemein gut bekannt, wie Bandlückenelemente zur Temperaturmessung verwendet werden können. Es ist auch bekannt, wie eine einzelne Diode (die in diesem Fall die PNPs ersetzen würde) für Temperaturmessungen verwendet werden kann.

**[0013]** Der ADC 5 empfängt die Spannungen  $V_{shunt}$ ,  $\Delta V_{BE}$  und  $V_{BE}$ . Der ADC 5 wandelt die Spannungen  $V_{shunt}$  und  $\Delta V_{BE}$  in einem Zeitmultiplexverfahren in digitale Signale  $V_m$  und  $T_m$  um, wobei  $V_m$  die Shuntwiderstandsspannung und  $T_m$  die Temperatur angibt.

**[0014]** Man könnte auch die Verwendung zweier ADCs in Erwägung ziehen: den einen für Shuntwiderstandsmessungen und den anderen für Temperaturmessungen. Dies erlaubt ununterbrochene Strommessungen, die in dynamischen Situationen wichtig sein könnten.

**[0015]** Die Signale  $V_m$  und  $T_m$  sind Eingangssignale für den Korrekturschaltkreis, der ein Signal  $V_{mc}$  ausgibt, das einen temperaturkompensierten Wert für den Strom durch den Shuntwiderstand 4 angibt.

**[0016]** Der Batteriestrom  $I_{bat}$  wird durch das Digitalisieren des Spannungsabfalls  $V_{shunt}$  an einem 10-m $\Omega$ -Metallshuntwiderstand gemessen. Üblicherweise wird der Wert des Shuntwiderstandes  $R_{shunt}$  in Abhängigkeit des Wertes des maximal zu messenden Stromes gewählt. Der Shuntwiderstand nutzt vier Metallschichten (M2 bis M5) parallel und ist relativ groß, um niederohmige Kontakte zur Außenwelt über acht Bondkontakte zu erleichtern. Diese Zahlen können sich in verschiedenen Ausführungsfor-

men unterscheiden. Rshunt leidet jedoch unter Prozessstreuung (bis zu  $\pm 15\%$ ) und einem großen Temperaturkoeffizienten (etwa  $0,35\%/^{\circ}\text{C}$ ). Erstere wird durch Raumtemperatur-Kalibrierung korrigiert, während letzterer mittels eines Temperaturkompensationschemas abgeschwächt wird. Dies beinhaltet das Messen der Temperatur des Shuntwiderstandes (mit den PNPs des BGR) und die darauffolgende Durchführung einer Polynomkorrektur des digitalisierten Wertes von  $V_{\text{shunt}}$ .

**[0017]** Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch den Shuntwiderstand **4** und die Transistoren **9** und **10** des CSS aus Fig. 1. Fig. 2 zeigt ein Halbleitersubstrat **100**, das sich in die horizontale Richtung erstreckt. Die pnp-Transistoren **9** und **10** sind in einer Region **14**, welche Teil der oberen Oberfläche des Substrats **100** ist, in das Substrat eingebettet. Während der Herstellung der Vorrichtung wurden die p- und n-Regionen in der Region **14** durch das Dotieren des Siliziums in der oberen Oberfläche **101** des Substrats **100** hergestellt. Über der oberen Oberfläche **101** des Substrats **100** wird eine erste Oxidschicht **191** bereitgestellt, die durch Durchkontaktierungen **102** unterbrochen wird. Über der ersten Oxidschicht **191** wird eine erste Metallschicht **M1** bereitgestellt. Die Schichten über der ersten Metallschicht **M1** sind, in vertikaler Reihenfolge von unten nach oben, eine zweite Oxidschicht **192**, eine zweite Metallschicht **M2**, eine dritte Oxidschicht **193**, eine dritte Metallschicht **M3**, eine vierte Oxidschicht **194**, eine vierte Metallschicht **M4**, eine fünfte Oxidschicht **195** und eine fünfte Metallschicht **M5**. Benachbarte Schichten sind über Durchkontaktierungen **11** elektrisch miteinander verbunden.

**[0018]** Die erste Metallschicht **M1** umfasst verschiedene Leitungen. Die Leitungen **15**, **16**, **17**, **18**, **19** und **20** sind über die Durchkontaktierungen **102** mit den Anschlüssen der Transistoren **9** und **10** verbunden.

**[0019]** Die Leitungen **103**, **104** und **105** sind mit der zweiten Metallschicht **M2** verbunden. Es ist jedoch ein Ziel einer Ausführungsform, dass letztere Leitungen keinen Shuntwiderstandsstrom leiten, weil der Strom unvermeidbar durch die Durchkontaktierungen innerhalb der Kelvin-Schaltung fließt, die einen anderen und nicht so gut definierten Temperaturkoeffizienten aufweisen könnte. Sie sollten jedoch die Wärme vom Shuntwiderstand zum Temperatursensor leiten, um eine genaue Temperaturmessung der Shuntwiderstandstemperatur zu erlauben. Die Leitungen **15-20** dienen dazu, die temperaturabführenden Elemente mit dem Rest des Schaltkreises (Stromquellen, ADC) zu verbinden.

**[0020]** Anschlüsse für den Shuntwiderstand **4** sind die Anschlüsse **T1** und **T2** auf der Metallschicht, wo die Anschlüsse durch Schaltungen außerhalb des Shuntwiderstandes verbunden sein können. Die

Metallschichten **M2** bis **M5** sind parallel verbunden, sodass der Shuntwiderstand einen geringen spezifischen Widerstand aufweist. Ein geringer spezifischer Widerstand bedeutet geringe Energieverluste im Shuntwiderstand. Die erste Metallschicht **M1** umfasst Leitungen, die dazu verwendet werden, um Anschlüsse der pnp-Transistoren zu verbinden. Daher wird ein Teil der vertikal angeordneten Metallschichten dazu verwendet, um den Temperatursensor zu verbinden, und der andere Teil wird dazu verwendet, um den Strom durch den Shuntwiderstand zu führen. Dies erlaubt eine kurze Wärmekopplung zwischen den stromleitenden Schichten und dem Temperatursensor. Daher ist die Temperatur am Sensor nahe an der Temperatur der leitfähigen Schichten, was die Genauigkeit der Temperaturmessung verbessert. Ferner spart das Bereitstellen des Temperatursensors unter den leitfähigen Metallschichten Platz im Vergleich zu Schaltkreisen, bei denen der Temperatursensor außerhalb des Randes der leitfähigen Metallschichten bereitgestellt wird. Sogar einige der Leitungen der ersten Metallschicht **M1** werden ebenfalls zur Stromleitung verwendet. Daher können sich diese Leitungen ebenfalls erwärmen, wenn sie Strom leiten.

**[0021]** Es kann andere Ausführungsformen geben, in denen Leitungen der ersten Metallschicht **M1** Shuntwiderstandsstrom leiten.

**[0022]** Der Shuntwiderstand nutzt die oberen Metallschichten (**M2** bis **M5**), was es möglich macht, die temperaturabführenden PNPs direkt darunter anzuordnen und dadurch eine Wärmekopplung mit dem Shuntwiderstand zu verbessern. Wie in Fig. 2 gezeigt, wird diese Kopplung weiter durch die Verwendung thermischer Durchkontaktierungen zwischen dem Shuntwiderstand und einer **M1**-Schicht verbessert, welche die PNPs umgibt. Messungen zeigen, dass diese Modifikationen zu einer drei Mal höheren Verbesserung der Genauigkeit der geschätzten Shuntwiderstandstemperatur im Vergleich zu vorhergehenden Publikationen führen.

**[0023]** Die Joulsche Erwärmung des parasitären Widerstandes der Schaltungen zwischen dem CSS und der Außenwelt gibt die Verlustleistung an. Ferner bewirkt sie Temperaturgradienten auf dem Chip, die wiederum zu Fehlern bei der geschätzten Shuntwiderstandstemperatur führen. Um solche parasitären Widerstände zu minimieren, wurde der Chip direkt auf eine Leiterplatte montiert, mit der der Shuntwiderstand auf dem Chip durch 32 kurze ( $< 1$  mm lange) Bonddrähte verbunden wurde. Der gesamte parasitäre Reihenwiderstand ist weniger als  $10$  mOhm. In der Massenproduktion können solch geringe Widerstände durch die Verwendung von Einhausungen auf Waferenebene und Ball-Bonden erzielt werden.

**[0024]** Um sowohl T als auch I<sub>bat</sub> zu digitalisieren, wird der ADC in einem inkrementellen Modus betrieben und zeitlich gemultiplext: mit Umwandlungszeiten von 22,5 ms für I<sub>bat</sub> beziehungsweise 2,5 ms für T. Ein Temperaturmittelungsschema (TAS), bei dem das Mittel aus zwei aufeinanderfolgenden T-Messungen verwendet wird, um jede I<sub>bat</sub>-Messung zu kompensieren, führt zu einer verbesserten Genauigkeit, besonders während transienter Ströme.

**[0025]** Fig. 3 zeigt eine Layout des CSS. Das CSS ist in einen integrierten Schaltkreis **1000** integriert, was bedeutet, dass die Bauteile des CSS ein gemeinsames Siliziumsubstrat teilen, wobei das Substrat **100** in Fig. 2 gezeigt wird.

**[0026]** Die die von links nach rechts in folgender Reihenfolge angeordneten Bauteile des CSS sind: Shuntwiderstand **4**, Bandlücke **21**, Analog-Digital-Wandler **5** und Korrekturschaltkreis **6**. Der Shuntwiderstand **4** ist eine Draufsicht. Die Linie A-A zeigt den Querschnitt in Fig. 2 an. Die Metallschicht **M5** umfasst eine ununterbrochene Leitung **23**. Auf der ununterbrochenen Leitung **23** sind Anschlüsse **30** bereitgestellt, die über Leitungen **26** mit Bondkontakten **27** verbunden sind, die über Drahtbondverbindungen **27** mit der Außenseite des integrierten Schaltkreises **1000** verbunden sind. Die Anschlüsse **30** definieren den Rand **P**. Der Strom durch die Anschlüsse des Shuntwiderstandes fließt innerhalb des Randes **P**. Anders gesagt ist der Pfad zwischen den Anschlüssen innerhalb des Randes **P**. Die Transistoren **9** und **10**, welche die PNPs sind, die Teil der „Bandlücke“ sind, sind unter der Metallschicht **23** in einer mittigen Position angeordnet und weisen etwa dieselben Abstände zu den Randleitungen auf. Die Transistoren sind innerhalb des Randes der Metallschichten, was sicherstellt, dass sie - in der ebenen Ansicht in Fig. 3 - nicht außerhalb der Metallleitungen sind. Die Leitungen **18** und **20**, die Teil der ersten Metallschicht **18** sind, erstrecken sich bis zu den Stromquellen **7** und **8**. Der Analog-Digital-Wandler ist rechts von der Bandlücke **21** bereitgestellt und empfängt Spannungen von der Bandlücke **21** und vom Shuntwiderstand **4**. Rechts vom Analog-Digital-Wandler ist der digitale Korrekturschaltkreis, der unter anderem die Temperaturabhängigkeit des Shuntwiderstandes **4** kompensiert. Der kompensierte Ausgabewert der Ausgang der Bondkontakt **25**, der mit einer Drahtbondverbindung verbunden ist, die externe Komponenten mit dem integrierten Schaltkreis **1000** verbindet.

**[0027]** Während verschiedene Aspekte und Ausführungsformen hier offenbart wurden, werden andere Aspekte und Ausführungsformen für Fachleute offensichtlich sein. Die hier offenbarten verschiedenen Aspekte und Ausführungsformen dienen der Veranschaulichung und sollen nicht beschränkend sein,

wobei der wahre Schutzzumfang und Sinn durch die folgenden Ansprüche angezeigt wird.

### Patentansprüche

1. Shuntwiderstand (4), umfassend
  - zwei Anschlüsse (T1, T2),
  - ein Halbleitersubstrat (100), das zumindest einen ein temperaturempfindliches Element umfassenden Temperatursensor enthält, wobei das temperaturempfindliche Element PNP-Transistoren (9, 10) umfasst,
  - zumindest zwei Metallschichten (M1-M5) über dem Halbleitersubstrat (100), wobei zumindest eine obere Metallschicht (M5) einen Pfad umfasst, welcher die beiden Anschlüsse (T1, T2) elektrisch verbindet, wobei der Temperatursensor unterhalb und innerhalb des Randes der oberen Metallschicht (M5) ist, und wobei eine untere (M1) der Metallschichten Leitungen (15-20) umfasst, die mit Anschlüssen der PNP-Transistoren (9, 10) des temperaturempfindlichen Elements verbunden sind.
2. Shuntwiderstand (4) nach Anspruch 1, wobei die untere (M1) der Metallschichten weitere Leitungen (103) umfasst, die mit der oberen Metallschicht (M5) elektrisch verbunden sind.
3. Shuntwiderstand (4) nach Anspruch 1, welcher ferner Wärmeleitungselemente umfasst, um die Wärmeleitfähigkeit vom Shuntwiderstand (4) zum temperaturempfindlichen Element zu verbessern.
4. Shuntwiderstand (4) nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner umfassend:
  - zumindest eine weitere Metallschicht (M2), die einen weiteren Pfad umfasst, welcher die beiden Anschlüsse (T1, T2) verbindet.
5. Integrierter Stromfühlschaltkreis, umfassend
  - einen Shuntwiderstand (4) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
  - einen Analog-Digital-Wandler (5), der verbunden ist, um eine Spannung zwischen den Anschlüssen (T1, T2) des Shuntwiderstandes (4) zu messen.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

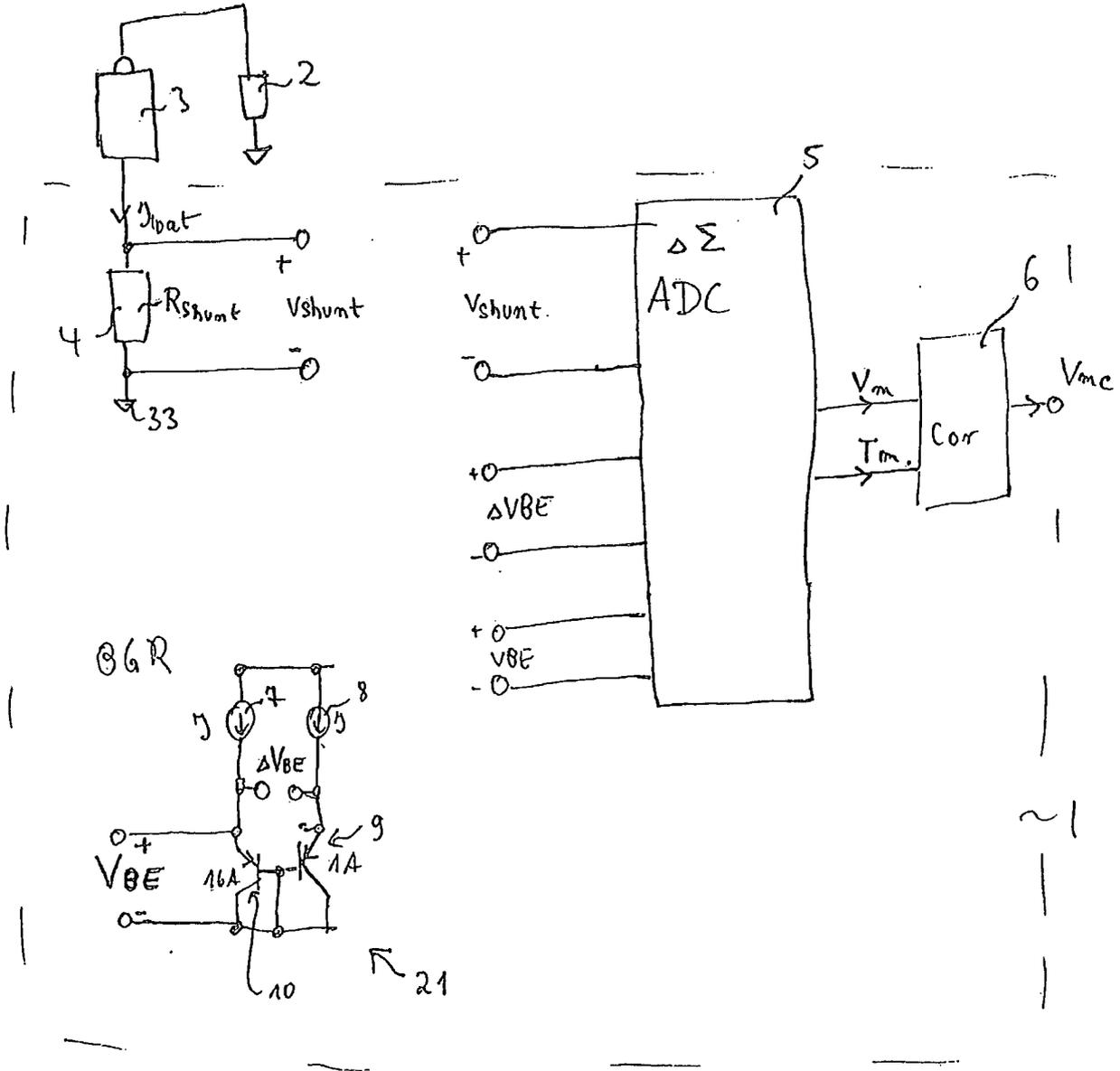


Fig.1

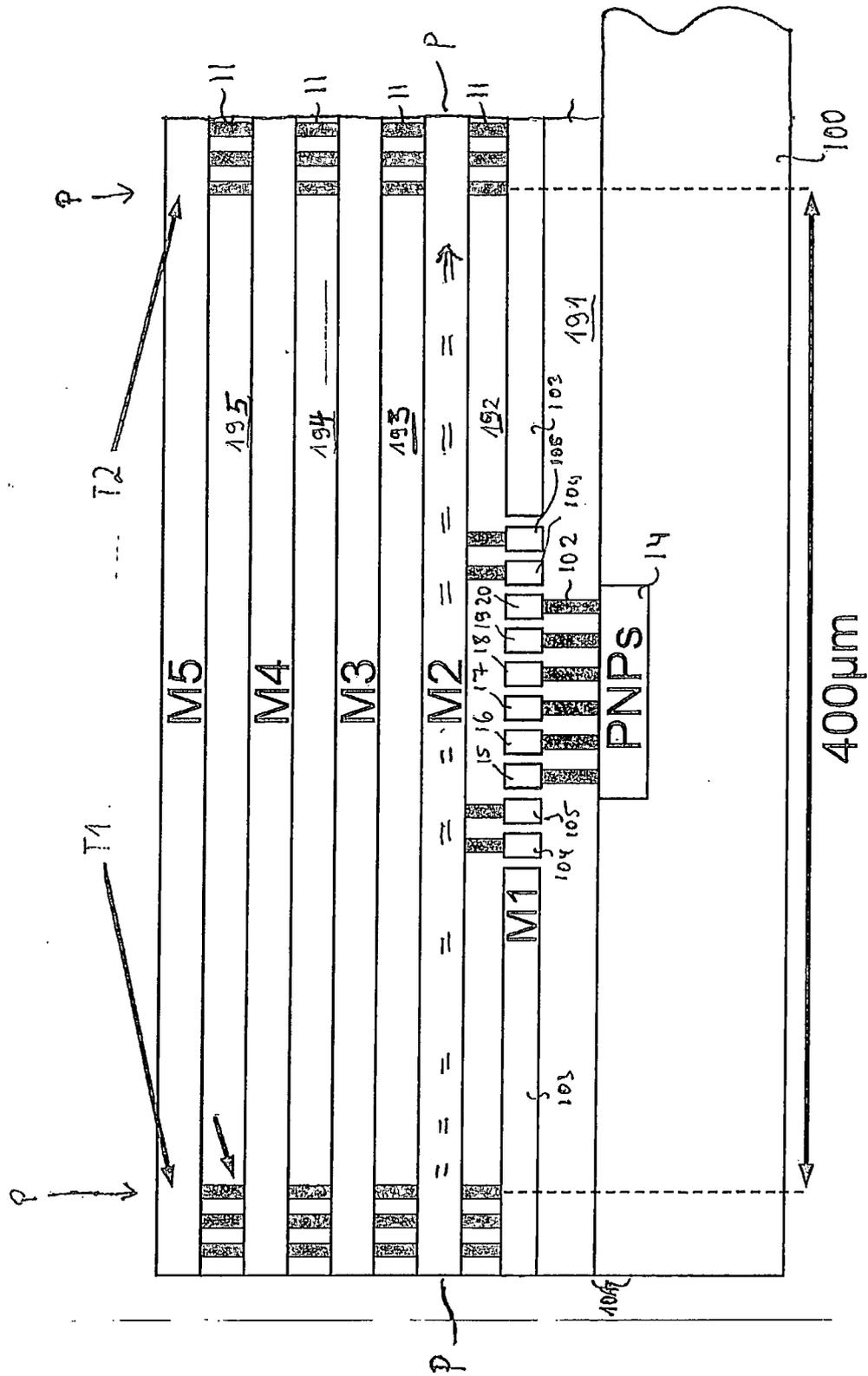


Fig. 2

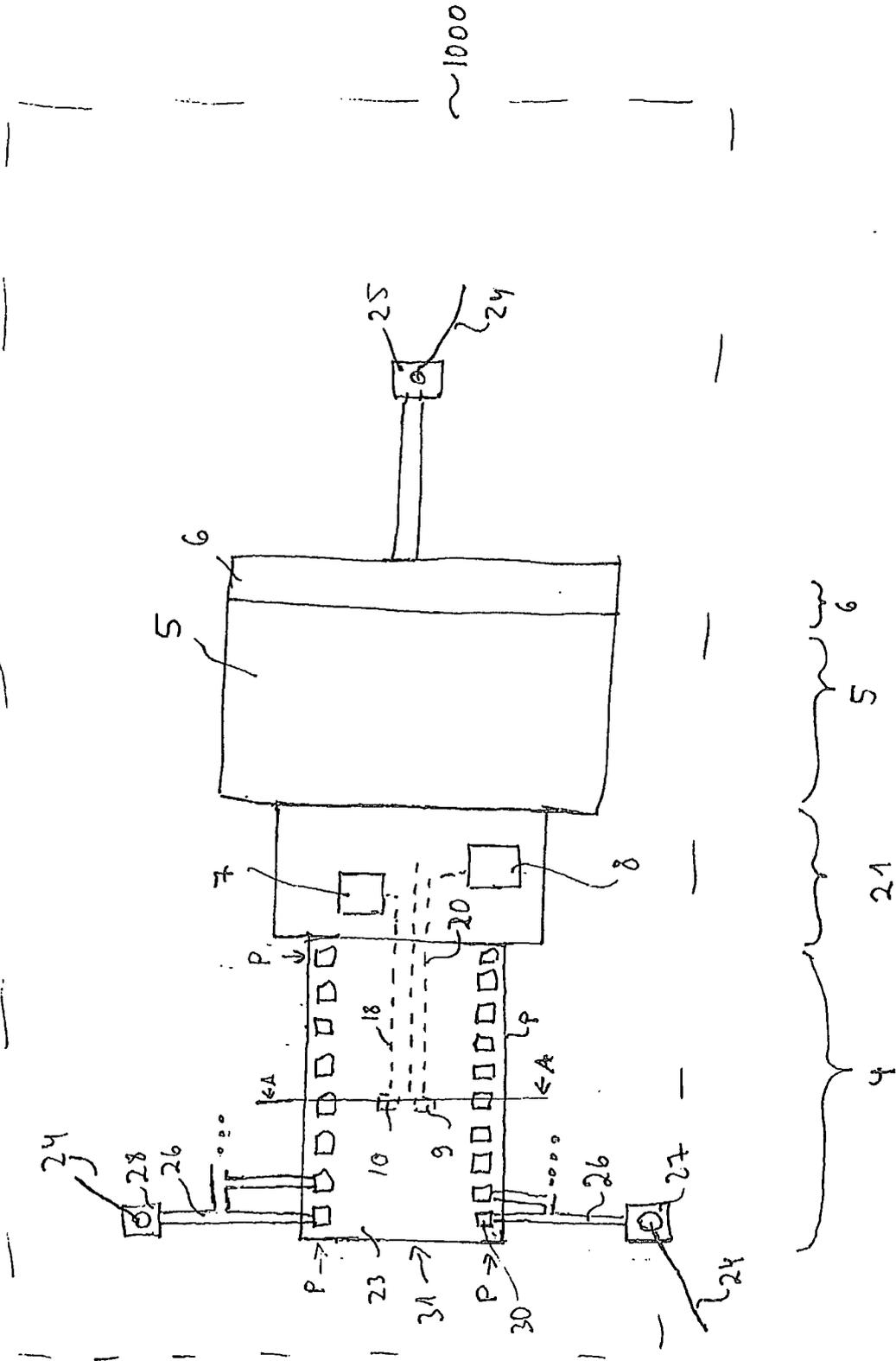


Fig.3