

**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

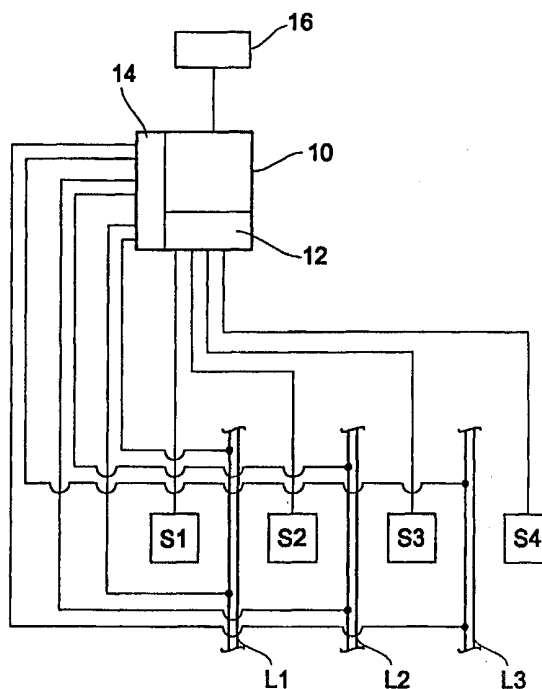
|  |  |    |  |
|--|--|----|--|
| (51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :<br>G01R 15/24, 15/20   |  | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/54063   |
|  |  |    | (43) Internationales<br>Veröffentlichungsdatum: 14. September 2000 (14.09.00)  |
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/00316  |  |    | (81) Bestimmungsstaaten: CZ, HU, PL, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). |
| (22) Internationales Anmeldedatum: 17. Januar 2000 (17.01.00)  |  |    |  |
| (30) Prioritätsdaten:<br>199 10 801.3 11. März 1999 (11.03.99) DE  |  |    |  |
| (71) Anmelder: FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).  |  |    |  |
| (72) Erfinder: HOHE, Hans-Peter; Burggrub 28, D-91332 Heiligenstadt (DE). WEBER, Norbert; Dorfhauser Strasse 21, D-91367 Weissenhohe (DE). SAUERER, Josef; Stegerstr. 9a, D-91074 Herzogenaurach (DE). |  |    |  |
| (74) Anwälte: SCHOPPE, Fritz usw.; Schoppe, Zimmermann & Stöckeler, Postfach 71 08 67, D-81458 München (DE).   |  |    | Veröffentlicht<br>Mit internationalem Recherchenbericht.   |

**(54) Title:** DEVICE AND METHOD FOR MEASURING AN ELECTRIC CURRENT**(54) Bezeichnung:** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR STROMMESSUNG**(57) Abstract**

The invention relates to a current measuring device for measuring an electric current using one or more conductors (L1, L2, L3) in an arrangement of n conductors, n being a natural number  $\geq 2$ . The device has n+1 sensors (S1 to S4) which are sensitive to magnetic fields and which are arranged in such a way that two sensors are adjacent to each conductor. The device provides a unit (12) for reading output signals from said sensors. The current measuring device also has a unit (10) for calculating the electric current using one or more of the conductors, based on the read output signals and coefficients which describe the influence of the electric currents that pass through each of the n conductors and the influence of a continuous magnetic field on the output signal from each of the magnetic field-sensitive sensors.

**(57) Zusammenfassung**

Eine Strommessvorrichtung zum Messen des Stroms durch einen oder mehrere Leiter (L1, L2, L3) einer Anordnung von n Leitern, wobei n eine natürliche Zahl  $\geq 2$  ist, weist n+1 magnetfeldempfindliche Sensoren (S1 bis S4) auf, die derart angeordnet sind, dass jeweils zwei magnetfeldempfindliche Sensoren benachbart zu einem jeweiligen Leiter angeordnet sind. Eine Einrichtung (12) zum Auslesen von Ausgangssignalen der magnetfeldempfindlichen Sensoren ist vorgesehen. Ferner besitzt die Strommessvorrichtung eine Einrichtung (10) zum Berechnen des Stroms durch einen oder mehrere der Leiter auf der Grundlage der ausgelesenen Ausgangssignale und von Koeffizienten, die den Einfluss von Strömen durch jeden der n Leiter und eines magnetischen Gleichfelds auf das Ausgangssignal eines jeden der magnetfeldempfindlichen Sensoren beschreiben.



### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                              |    |                                      |    |  |    |                                   |
|----|------------------------------|----|--------------------------------------|----|--|----|-----------------------------------|
| AL | Albanien                     | ES | Spanien                              | LS | Lesotho  | SI | Slowenien                         |
| AM | Armenien                     | FI | Finnland                             | LT | Litauen  | SK | Slowakei                          |
| AT | Österreich                   | FR | Frankreich                           | LU | Luxemburg  | SN | Senegal                           |
| AU | Australien                   | GA | Gabun                                | LV | Lettland   | SZ | Swasiland                         |
| AZ | Aserbaidshjan                | GB | Vereinigtes Königreich               | MC | Monaco   | TD | Tschad                            |
| BA | Bosnien-Herzegowina          | GE | Georgien                             | MD | Republik Moldau                                    | TG | Togo                              |
| BB | Barbados                     | GH | Ghana                                | MG | Madagaskar   | TJ | Tadschikistan                     |
| BE | Belgien                      | GN | Guinea                               | MK | Die ehemalige jugoslawische<br>Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan                      |
| BF | Burkina Faso                 | GR | Griechenland                         | ML | Mali   | TR | Türkei                            |
| BG | Bulgarien                    | HU | Ungarn                               | MN | Mongolei   | TT | Trinidad und Tobago               |
| BJ | Benin                        | IE | Irland                               | MR | Mauretanien  | UA | Ukraine                           |
| BR | Brasilien                    | IL | Israel                               | MW | Malawi   | UG | Uganda                            |
| BY | Belarus                      | IS | Island                               | MX | Mexiko   | US | Vereinigte Staaten von<br>Amerika |
| CA | Kanada                       | IT | Italien                              | NE | Niger  | UZ | Usbekistan                        |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan                                | NL | Niederlande  | VN | Vietnam                           |
| CG | Kongo                        | KE | Kenia                                | NO | Norwegen   | YU | Jugoslawien                       |
| CH | Schweiz                      | KG | Kirgisistan                          | NZ | Neuseeland   | ZW | Zimbabwe                          |
| CI | Côte d'Ivoire                | KP | Demokratische Volksrepublik<br>Korea | PL | Polen  |    |                                   |
| CM | Kamerun                      | KR | Republik Korea                       | PT | Portugal   |    |                                   |
| CN | China                        | KZ | Kasachstan                           | RO | Rumänien   |    |                                   |
| CU | Kuba                         | LC | St. Lucia                            | RU | Russische Föderation                               |    |                                   |
| CZ | Tschechische Republik        | LI | Liechtenstein                        | SD | Sudan  |    |                                   |
| DE | Deutschland                  | LK | Sri Lanka                            | SE | Schweden   |    |                                   |
| DK | Dänemark                     | LR | Liberia                              | SG | Singapur   |    |                                   |
| EE | Estland                      |    |                                      |    |  |    |                                   |

## Vorrichtung und Verfahren zur Strommessung

### Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Strommessung und insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Messen des Stroms durch einen oder mehrere Leiter einer Anordnung von mehreren in unmittelbarer räumlicher Nähe angeordneten Stromleitern.

Zur potentialfreien Strommessung ist es bekannt, zwei magnetfeldempfindliche Sensoren auf beiden Seiten eines Stromleiters zu plazieren. Eine solche Anordnung ist schematisch in Fig. 1 dargestellt, wo zwei magnetfeldempfindliche Sensoren 2 und 4 auf beiden Seiten eines Stromleiters 6 angeordnet sind. Durch die magnetfeldempfindlichen Sensoren 2 und 4 wird das, von einem den Leiter 6 durchfließenden Strom verursachte Magnetfeld gemessen. Durch eine Differenzbildung der Ausgangssignale der beiden magnetfeldempfindlichen Sensoren 2 und 4 wird der Strom im Leiter ermittelt, wobei durch dieses Prinzip ein vorhandenes, gradientenfreies Magnetfeld bei der Strommessung eliminiert werden kann. Nachteilig bei der oben beschriebenen Anordnung ist, daß  $2n$  Sensoren erforderlich sind, wenn man den Strom in  $n$  Leitern gleichzeitig messen will. Überdies ist das bekannte Verfahren problematisch, wenn der Strom durch mehrere Leiter gemessen werden soll und die Leiter nahe beieinander liegen. In diesem Fall entsteht am Ort eines Leiters ein Magnetfeldgradient aufgrund des Stromes eines Nachbarleiters, so daß die Strommessung gestört ist. Der Einfluß des Magnetfeldgradienten aufgrund des Stromes im Nachbarleiter kann nicht kompensiert werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Messen des Stroms durch einen oder mehrere Leiter einer Anordnung von  $n$  Leitern unter Verwendung einer reduzierten Anzahl von magnetfeldemp-

- 2 -

findlichen Sensoren zu schaffen, die ferner die exakte Erfassung des Stroms durch einen der Leiter ermöglichen, auch wenn die einzelnen Leiter der Leiteranordnung in unmittelbarer räumlicher Nähe angeordnet sind.

Diese Aufgabe wird durch eine Strommeßvorrichtung gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß Anspruch 8 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Strommeßvorrichtung zum Messen des Stroms durch einen oder mehrere Leiter einer Anordnung von  $n$  Leitern, wobei  $n$  eine natürliche Zahl  $\geq 2$  ist, bei der  $n+1$  magnetfeldempfindliche Sensoren derart angeordnet sind, daß jeweils zwei magnetfeldempfindliche Sensoren benachbart zu einem jeweiligen Leiter angeordnet sind. Ferner ist eine Einrichtung zum Auslesen von Ausgangssignalen der magnetfeldempfindlichen Sensoren vorgesehen. Schließlich weist die Strommeßvorrichtung eine Einrichtung zum Berechnen des Stroms durch einen oder mehrere der Leiter auf der Grundlage der ausgelesenen Ausgangssignale und von Koeffizienten, die den Einfluß von Strömen durch jeden der  $n$  Leiter und eines magnetischen Gleichfelds auf das Ausgangssignal eines jeden der magnetfeldempfindlichen Sensoren beschreiben, auf.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht somit eine Reduzierung der benötigten magnetfeldempfindlichen Sensoren von  $2n$  auf  $n+1$ , wenn der Strom durch  $n$  Leiter erfaßt werden soll. Überdies ermöglicht die vorliegende Erfindung die Kompensation von Einflüssen, die durch in der Nähe angeordnete, stromdurchflossene Leiter bewirkt werden, auf die Strommessung in einem Leiter. Somit liefert die vorliegende Erfindung zum einen eine wenige aufwendige Strommeßvorrichtung, die zum anderen exakte Ergebnisse bei in unmittelbarer räumlicher Nähe angeordneten Stromleitern liefert.

Bei den magnetfeldempfindlichen Sensoren handelt es sich vorzugsweise um Hallsensoren, die zusammen mit der Auswertelektronik, d.h. der Einrichtung zum Auslesen und der Ein-

richtung zum Berechnen, sowie vorzugsweise einem Speicher zum Speichern der Koeffizienten, monolithisch auf einem Halbleitersubstrat gefertigt sind.

Die vorliegende Erfindung schafft ferner ein Verfahren zum Messen des Stroms durch einen oder mehrere Leiter einer Anordnung von  $n$  Leitern, wobei  $n$  eine natürliche Zahl  $\geq 2$  ist, bei dem zunächst die Ausgangssignale von  $n+1$  magnetfeldempfindlichen Sensoren, von denen jeweils zwei benachbart zu einem jeweiligen Leiter angeordnet sind, ausgelesen werden. Nachfolgend wird der Strom durch einen oder mehrere der Leiter auf der Grundlage der ausgelesenen Ausgangssignale und von Koeffizienten, die den Einfluß von Strömen durch jeden der  $n$  Leiter und eines magnetischen Gleichfelds auf das Ausgangssignal eines jeden der magnetfeldempfindlichen Sensoren beschreiben, berechnet.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens umfassen ferner den Schritt des Durchführens einer Kalibrierungsmessung, um die Koeffizienten zu berechnen. Dabei werden die Koeffizienten als Matrixkoeffizienten derart ermittelt, daß abwechselnd durch jeden Leiter ein definierte Strom geführt wird, während die anderen Leiter keinen Strom führen. Überdies wird eine weitere Kalibrierungsmessung durchgeführt, bei der die magnetfeldempfindlichen Sensoren mit einem Gleichmagnetfeld, d.h. einem gradientenfreien Magnetfeld bekannter Größe, beaufschlagt werden, während kein Strom durch die Leiter fließt. Zur Berechnung des Stroms durch einen oder mehrere der Leiter werden dann die Sensorsignale von allen magnetfeldempfindlichen Sensoren über eine Matrixoperation unter Verwendung der ermittelten Koeffizientenmatrix linear miteinander verknüpft.

Wie oben genannt wurde, sind die magnetfeldempfindlichen Sensoren vorzugsweise Hallsensoren. Diese Hallsensoren sind auf senkrecht auftreffende Magnetfelder empfindlich, so daß die Sensoren zwischen den Leitern oder in dem Leiterzwischenraum nach oben oder unten versetzt angeordnet sind.

Daneben können erfindungsgemäß auch Sensoren verwendet werden, die auf parallel zur Oberfläche auftreffende Magnetfelder empfindlich sind, beispielsweise Feldplatten. Diese Sensoren werden in einer solchen Beziehung zu den Leitern angeordnet, daß das von den Leitern erzeugte Magnetfeld im wesentlichen parallel zur Oberfläche auf die Sensoren auftrifft.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1    schematisch eine bekannte Strommeßanordnung;
- Fig. 2    schematisch eine Strommeßanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 3    schematisch eine alternative Anordnung von Hall-sensoren zur Strommessung gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 4    eine Anordnung von Feldplatten zur Strommessung gemäß der vorliegenden Erfindung; und
- Fig. 5    eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Strommeßvorrichtung.

Fig. 2 zeigt schematisch die erfindungsgemäße Anordnung magnetfeldempfindlicher Sensoren zur Messung des Stroms in drei in unmittelbarer räumlicher Nähe angeordneten Leitern L1, L2, L3. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, sind zur Messung der Ströme in den Leitern L1, L2, L3 lediglich vier magnetfeldempfindliche Sensoren S1, S2, S3 und S4 erforderlich. Die vier Sensoren sind dabei derart angeordnet, daß jeweils zwei magnetfeldempfindliche Sensoren, z.B. S1 und S2, benachbart zu einem jeweiligen Leiter, z.B. L1, angeordnet sind. Zur Erfassung des Stroms durch einen der Leiter werden nun die Ausgangssignale aller magnetfeldempfindlicher Sensoren S1

- 5 -

bis S4 über eine Matrixoperation linear miteinander verknüpft, wobei die Matrixkoeffizienten über eine Kalibrierung ermittelt werden, derart, daß abwechselnd durch jeden Leiter ein definierter Strom geführt wird, während die anderen Leiter keinen Strom führen.

Ferner wird eine Kalibriermessung durchgeführt, bei der die Anordnung mit einem bekannten Gleichmagnetfeld beaufschlagt ist, während kein Strom durch die Leiter fließt.

Die sich ergebende Koeffizientenmatrix lautet:

|          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| $a_{11}$ | $a_{12}$ | $a_{13}$ | $a_{14}$ |
| $a_{21}$ | $a_{22}$ | $a_{23}$ | $a_{24}$ |
| $a_{31}$ | $a_{32}$ | $a_{33}$ | $a_{34}$ |
| $a_{g1}$ | $a_{g2}$ | $a_{g3}$ | $a_{g4}$ |

Dabei werden die Koeffizienten  $a_{11}$  bis  $a_{14}$  erhalten, während nur der Leiter L1 von einem bekannten Strom durchflossen ist, die Koeffizienten  $a_{21}$  bis  $a_{24}$  werden erhalten, während nur der Leiter L2 von einem bekannten Strom durchflossen ist, und die Koeffizienten  $a_{31}$  bis  $a_{34}$  werden erhalten, während nur der Leiter L3 von einem bekannten Strom durchflossen ist. Die Koeffizienten  $a_{g1}$  bis  $a_{g4}$  werden erhalten, während ein bekanntes Gleichmagnetfeld anliegt und keiner der Leiter von einem Strom durchflossen ist.

Die erste Zahl des Index eines jeweiligen Koeffizienten bezeichnet jeweils einen Leiter, während die zweite Zahl im Index jeweils einen Sensor bezeichnet, so daß beispielsweise der Koeffizient  $a_{11}$  den Einfluß eines Stroms durch den Leiter L1 auf das Ausgangssignal des Sensors S1 beschreibt. Im Falle der Koeffizienten  $a_{g1}$  bis  $a_{g4}$  steht der Buchstabe g jeweils für das magnetische Gleichfeld, so daß diese Koeffizienten den Einfluß eines magnetischen Gleichfelds auf das Ausgangssignal eines jeweiligen Sensors beschreibt.

Unter Verwendung der obigen Koeffizienten setzen sich die Ausgangssignale  $A_1$  bis  $A_4$  der vier magnetfeldempfindlichen Sensoren S1 bis S4 wie folgt zusammen:

$$\begin{aligned} A_1 &= a_{11} \cdot I_1 + a_{21} \cdot I_2 + a_{31} \cdot I_3 + a_{g1} \cdot H_g \\ A_2 &= a_{12} \cdot I_1 + a_{22} \cdot I_2 + a_{32} \cdot I_3 + a_{g2} \cdot H_g \\ A_3 &= a_{13} \cdot I_1 + a_{23} \cdot I_2 + a_{33} \cdot I_3 + a_{g3} \cdot H_g \\ A_4 &= a_{14} \cdot I_1 + a_{24} \cdot I_2 + a_{34} \cdot I_3 + a_{g4} \cdot H_g \end{aligned}$$

wobei  $I_1$  einen Strom durch den Leiter L1,  $I_2$  einen Strom durch den Leiter L2,  $I_3$  einen Strom durch den Leiter L3 und  $H_g$  ein anliegendes magnetisches Gleichfeld darstellen.

Die obigen Gleichungen können in Matrix- bzw. Vektorform wie folgt dargestellt werden:

$$\begin{array}{cccccc} A_1 & & a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & I_1 \\ A_2 & = & a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & I_2 \\ A_3 & & a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & I_3 \\ A_4 & & a_{g1} & a_{g2} & a_{g3} & a_{g4} & H_g \end{array}$$

Somit können die einzelnen, die Leiter L1 bis L3 durchfließenden Ströme  $I_1$  bis  $I_3$  nach einer Invertierung der Koeffizientenmatrix wie folgt berechnet werden:

$$\begin{array}{cccccc} I_1 & & a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & A_1 \\ I_2 & = & a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & A_2 \\ I_3 & & a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & A_3 \\ H_g & & a_{g1} & a_{g2} & a_{g3} & a_{g4} & A_4 \end{array}$$

Auf diese Weise kann erfindungsgemäß der Strom durch jeden



der Stromleiter L1 bis L3 exakt berechnet werden, wobei nur  $n-1$  magnetfeldempfindliche Sensoren benötigt werden, wenn der Strom durch  $n$  Leiter gemessen werden soll. Daneben ermöglicht die oben angegebene Berechnungsart noch die Erfassung des magnetischen Gleichfelds.

Eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung einer alternativen Anordnung von magnetfeldempfindlichen Sensoren hinsichtlich dreier Leiter, in denen ein Strom gemessen werden soll, ist in Fig. 3 dargestellt. Wiederum sind vier Sensoren S1 bis S4 bezüglich dreier Leiter L1 bis L3 derart angeordnet, daß jeweils zwei magnetfeldempfindliche Sensoren benachbart zu einem jeweiligen Leiter angeordnet sind. Jedoch sind in diesem Fall die Sensoren jeweils senkrecht verschoben bezüglich einer durch die Leiter gedachten Linie angeordnet, beispielsweise bezüglich der Leiter nach oben bzw. nach unten versetzt. Eine solche Anordnung ist beispielsweise ohne weiteres realisierbar, wenn die Sensoren Hall-Sensoren sind und mit den Leitern monolithisch auf einem Halbleitersubstrat gefertigt sind. Hier können die Leiterbahnen L1 bis L3, die in Fig. lediglich schematisch mit rundem Querschnitt dargestellt sind, beispielsweise Leiterbahnen sein, über denen eine dielektrische Schicht angeordnet ist, wobei auf dieser dielektrischen Schicht dann die magnetfeldempfindlichen Sensoren angeordnet sind. Die in Fig. 3 dargestellte Anordnung, bzw. eine Anordnung der Sensoren direkt zwischen den Leitern wird verwendet, wenn die Sensoren auf senkrecht auftreffende Magnetfelder empfindlich sind.

Eine Anordnung von Sensoren zu Leitern, wenn die Sensoren gegenüber parallel zur Oberfläche auftreffenden Magnetfeldern empfindlich sind, wie dies beispielsweise bei Feldplatten der Fall ist, ist in Fig. 4 dargestellt. Bei dieser Anordnung laufen die Feldlinien eines Magnetfelds, das durch Ströme durch die Leiter L1 bis L3 erzeugt wird, parallel zu den Hauptoberflächen der Sensoren S1 bis S4. Auch in diesem Fall sind zum Messen der Ströme durch  $n$  Leiter lediglich  $n+1$  magnetfeldempfindliche Sensoren erforderlich.

Eine schematische Übersichtsdarstellung einer erfindungsge-  
mäßigen Strommeßvorrichtung ist in Fig. 5 gezeigt. Wiederum  
ist die Anordnung der drei Leiter L1 bis L3 und der vier ma-  
gnetfeldempfindlichen Sensoren S1 bis S4 zu erkennen. Die  
magnetfeldempfindlichen Sensoren S1 bis S4 sind jeweils mit  
einer Auswerteeinheit 10 verbunden. Spezieller sind die Sen-  
soren S1 bis S4 mit einer Ausleseeinrichtung 12 der Auswer-  
teeinheit verbunden. In der Auswerteeinheit 10 wird die oben  
beschriebene Berechnung des Stroms durch die jeweiligen Lei-  
ter L1 bis L3 durchgeführt. Die Auswerteeinheit 10 weist  
vorzugsweise ferner eine Kalibriereinrichtung 14 auf, mit-  
tels derer die oben beschriebenen Koeffizienten ermittelt  
werden. Dazu ist die Kalibriereinrichtung 14 in geeigneter  
Weise mit den jeweiligen Leitern L1 bis L3 verbunden, um ei-  
nen bekannten Stromfluß durch dieselben bewirken zu können.  
Dies ist in Fig. 5 durch die schematisch dargestellten Lei-  
tungen zwischen der Kalibriereinrichtung 14 und den jeweiligen  
Leitern L1 bis L3 gezeigt. Ferner ist vorzugsweise eine Ein-  
richtung zum Erzeugen eines bekannten Gleichmagnetfelds  
(nicht dargestellt) vorgesehen, um die Ermittlung der Koef-  
fizienten  $a_{g1}$  bis  $a_{g4}$  zu ermöglichen. Alternativ können die-  
se Koeffizienten jeweils den Wert 1 oder einen anderen vor-  
gegebenen Wert erhalten. Die Auswerteeinheit 10 umfaßt fer-  
ner vorzugsweise einen Speicher 16, in dem die ermittelten  
Koeffizienten vorzugsweise in Matrixform abgelegt werden.  
Die Koeffizienten können entweder in der ermittelten Form  
abgelegt werden, wobei jedoch vorzugsweise aus den ermittel-  
ten Koeffizienten zunächst die Elemente der invertierten Ma-  
trix berechnet werden, die dann in dem Speicher 16 abgelegt  
werden. Es ist offensichtlich, daß der Speicher 16 in die  
Auswerteeinheit 10 integriert sein kann, obwohl er in Fig. 5  
getrennt von derselben dargestellt ist.

Die vorliegende Erfindung schafft somit eine Strommeßvor-  
richtung bzw. ein Verfahren zum Strommessen, bei denen zum  
Messen des Stroms durch n Leiter lediglich n+1 magnetfeld-  
empfindliche Sensoren benötigt werden. Obwohl in den Figuren

- 9 -

lediglich nebeneinander angeordnete Leiter L1 bis L3 dargestellt sind, kann die vorliegende Erfindung auch auf Leiteranordnungen angewendet werden, bei denen Leiter senkrecht zueinander verlaufen, beispielsweise in einem Mehrschichtsubstrat, wobei wiederum jeweils nur  $n+1$  magnetfeldempfindliche Sensoren erforderlich sind.

Patentansprüche

1. Strommeßvorrichtung zum Messen des Stroms durch einen oder mehrere Leiter einer Anordnung von n Leitern (L1 bis L3), mit  $n \in \mathbb{N}$  und  $n \geq 2$ , mit folgenden Merkmalen:  
  
n+1 magnetfeldempfindlichen Sensoren (S1 bis S4), die derart angeordnet sind, daß jeweils zwei magnetfeldempfindliche Sensoren benachbart zu einem jeweiligen Leiter angeordnet sind;  
  
einer Einrichtung zum Auslesen (12) von Ausgangssignalen der magnetfeldempfindlichen Sensoren (S1 bis S4);  
und  
  
einer Einrichtung (10) zum Berechnen des Stroms durch einen oder mehrere der Leiter (L1 bis L3) auf der Grundlage der ausgelesenen Ausgangssignale und von Koeffizienten, die den Einfluß von Strömen durch jeden der n Leiter und eines magnetischen Gleichfelds auf das Ausgangssignal eines jeden der magnetfeldempfindlichen Sensoren (S1 bis S4) beschreiben.
2. Strommeßvorrichtung nach Anspruch 1, bei der die magnetfeldempfindlichen Sensoren (S1 bis S4) derart angeordnet sind, daß jeder Leiter (L1 bis L3) zwischen zwei der magnetfeldempfindlichen Sensoren angeordnet ist.
3. Strommeßvorrichtung nach Anspruch 1, bei der die magnetfeldempfindlichen Sensoren (S1 bis S4) senkrecht verschoben zu einer zwischen zwei Leitern gedachten Linie angeordnet sind.
4. Strommeßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die magnetfeldempfindlichen Sensoren (S1 bis

S4) Hallsensoren sind.

5. Strommeßvorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Hall-sensoren zusammen mit der Einrichtung (12) zum Auslesen und der Einrichtung (10) zum Berechnen monolithisch auf einem Halbleitersubstrat integriert sind.
6. Strommeßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Koeffizienten in Matrixform in einer Speichereinrichtung (16) gespeichert sind.
7. Strommeßvorrichtung nach Anspruch 6 in Rückbezug auf Anspruch 5, bei der die Speichereinrichtung (16) auf dem Halbleitersubstrat integriert ist.
8. Verfahren zum Messen des Stroms durch einen oder mehrere Leiter einer Anordnung von  $n$  Leitern ( $L1$  bis  $L3$ ), mit  $n \in \mathbb{N}$  und  $n \geq 2$ , mit folgenden Schritten:

Auslesen der Ausgangssignale von  $n+1$  magnetfeldempfindlichen Sensoren ( $S1$  bis  $S4$ ), von denen jeweils zwei benachbart zu einem jeweiligen Leiter angeordnet sind;

Berechnen des Stroms durch einen oder mehrere der Leiter ( $L1$  bis  $L3$ ) auf der Grundlage der ausgelesenen Ausgangssignale und von Koeffizienten, die den Einfluß von Strömen durch jeden der  $n$  Leiter ( $L1$  bis  $L3$ ) und eines magnetischen Gleichfelds auf das Ausgangssignal eines jeden der magnetfeldempfindlichen Sensoren ( $S1$  bis  $S4$ ) beschreiben.

9. Verfahren nach Anspruch 8, das ferner den Schritt des Bestimmens der Koeffizienten auf der Grundlage des Ausgangssignals eines jeden der magnetfeldempfindlichen Sensoren ( $S1$  bis  $S4$ ), während nacheinander durch jeden der Leiter ein bekannter Stromfluß bewirkt wird, während durch die übrigen Leiter kein Strom fließt, und auf der Grundlage des Ausgangssignals eines jeden der

- 12 -

magnetfeldempfindlichen Sensoren (S1 bis S4) während der Beaufschlagung mit einem bekannten Gleichmagnetfeld, wobei kein Strom durch die Leiter fließt, aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, das ferner den Schritt des Speicherns der Koeffizienten aufweist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei dem der Schritt des Berechnens das Durchführen einer linearen Verknüpfung der Ausgangssignale der magnetfeldempfindlichen Sensoren (S1 bis S4) mittels einer Matrixoperation umfaßt, wobei die Koeffizienten, die den Einfluß von Strömen durch jeden der n Leiter (L1 bis L3) und eines magnetischen Gleichfelds auf das Ausgangssignal eines jeden der magnetfeldempfindlichen Sensoren (S1 bis S4) beschreiben, als Matrixkoeffizienten verwendet werden.

- 1/2 -

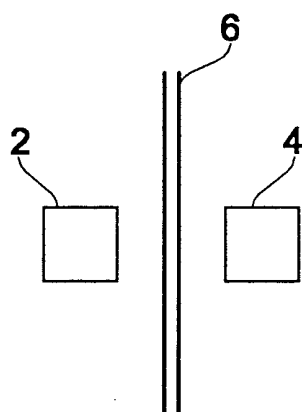


Fig. 1

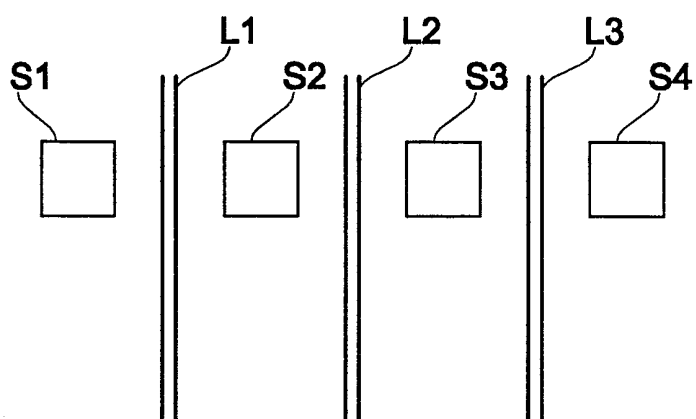


Fig. 2

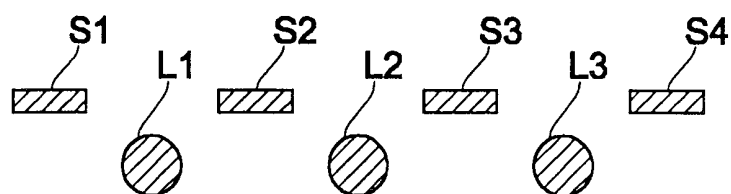


Fig. 3

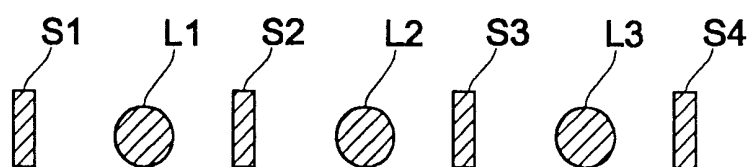


Fig. 4

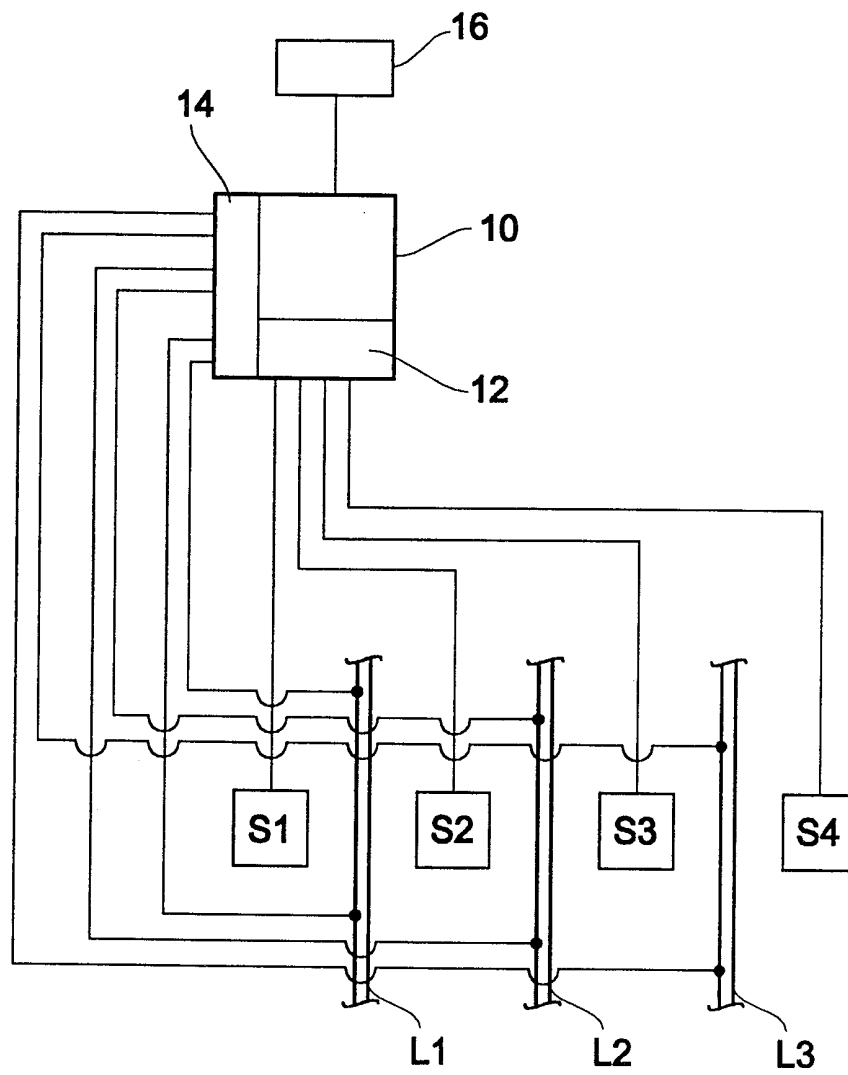


Fig. 5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/00316

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01R15/24 G01R15/20

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)

IPC 7 G01R

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)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|--|-----------------------|
| X        | US 5 438 256 A (THURIES ET AL.)<br>1 August 1995 (1995-08-01)                      | 1,4,8,11              |
| Y        | column 2, line 64 -column 3, line 2;<br>claims 1-4                                 | 7                     |
| Y        | US 5 017 804 A (HARNDEN ET AL.)<br>21 May 1991 (1991-05-21)<br>see abstract        | 7                     |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in 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

16 May 2000

Date of mailing of the international search report

24/05/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoornaert, W

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/00316

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 5438256 A                              | 01-08-1995          | FR 2693275 A               | 07-01-1994          |
|   |                     | DE 69323514 D              | 25-03-1999          |
|   |                     | DE 69323514 T              | 26-08-1999          |
|   |                     | EP 0583993 A               | 23-02-1994          |
|   |                     | ES 2129506 T               | 16-06-1999          |
|   |                     | JP 2617269 B               | 04-06-1997          |
|   |                     | JP 6160436 A               | 07-06-1994          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| US 5017804 A                              | 21-05-1991          | NONE                       |                     |
| -----                                     |                     |                            |                     |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/00316

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01R15/24 G01R15/20

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01R

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)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie <sup>o</sup> | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------------------|--|--------------------|
| X                      | US 5 438 256 A (THURIES ET AL.)<br>1. August 1995 (1995-08-01)                                     | 1,4,8,11           |
| Y                      | Spalte 2, Zeile 64 -Spalte 3, Zeile 2;<br>Ansprüche 1-4  | 7                  |
| Y                      | US 5 017 804 A (HARNDEN ET AL.)<br>21. Mai 1991 (1991-05-21)<br>siehe Zusammenfassung              | 7                  |

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

<sup>o</sup> 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 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

16. Mai 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/05/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hoornaert, W

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/00316

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 5438256 A                                       | 01-08-1995                    | FR 2693275 A                      | 07-01-1994                    |
|  |                               | DE 69323514 D                     | 25-03-1999                    |
|  |                               | DE 69323514 T                     | 26-08-1999                    |
|  |                               | EP 0583993 A                      | 23-02-1994                    |
|  |                               | ES 2129506 T                      | 16-06-1999                    |
|  |                               | JP 2617269 B                      | 04-06-1997                    |
|  |                               | JP 6160436 A                      | 07-06-1994                    |
| <hr/>  |                               |                                   |                               |
| US 5017804 A                                       | 21-05-1991                    | KEINE                             |                               |
| <hr/>  |                               |                                   |                               |