

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3579040号  
(P3579040)

(45) 発行日 平成16年10月20日(2004.10.20)

(24) 登録日 平成16年7月23日(2004.7.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

GO 1 R 15/20

GO 1 R 15/02

A

GO 1 R 19/00

GO 1 R 19/00

X

請求項の数 11 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2002-522688 (P2002-522688)	(73) 特許権者	500341779
(86) (22) 出願日	平成12年1月17日 (2000.1.17)		フラウンホーファー・ゲゼルシャフト・ツ
(65) 公表番号	特表2004-507747 (P2004-507747A)		ール・フェルデルング・デル・アンゲヴァ
(43) 公表日	平成16年3月11日 (2004.3.11)		ンテン・フォルシュング・アインゲトラ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2000/000316		ゲネル・フェライン
(87) 国際公開番号	W02000/054063		ドイツ連邦共和国, 80636 ミュンヘ
(87) 国際公開日	平成12年9月14日 (2000.9.14)		ン, ハンザシュトラッセ 27 ツェー
審査請求日	平成13年10月15日 (2001.10.15)	(74) 代理人	100091432
(31) 優先権主張番号	199 10 801.3		弁理士 森下 武一
(32) 優先日	平成11年3月11日 (1999.3.11)	(72) 発明者	ホーヘ、ハンスーペーター
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		ドイツ国、D-91332 ハイリンゲン
			シュタット、ブルクグループ 28
		(72) 発明者	ヴェーバー、ノルベルト
			ドイツ国、D-91367 ヴァイセノー
			ヘ、ドルフハオサー ストラッセ 21
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電流測定装置及び電流測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

$n$  個 ( $n \leq N$ ,  $n \geq 2$ ,  $N$  は自然数) の導電体 ( $L_1 \sim L_3$ ) からなるアレイのうちの一つ又は複数の導電体を流れる電流を測定するための電流測定装置であり、下記のものを含む、

それぞれ二つの磁界センサがそれぞれの導電体に隣接するように配列されている  $n + 1$  個の磁界センサ ( $S_1 \sim S_4$ )、

磁界センサ ( $S_1 \sim S_4$ ) の出力信号を読み取るユニット (12)、

読み取られた出力信号を基に、 $n$  個の導電体のそれぞれを流れる電流及びある一定の磁界が各磁界センサ ( $S_1 \sim S_4$ ) の出力信号に与える影響を表す係数に基づいて、一つ又は 10  
複数の導電体 ( $L_1 \sim L_3$ ) を流れる電流を計算するユニット (10)。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電流測定装置であって、磁界センサ ( $S_1 \sim S_4$ ) は、各導電体 ( $L_1 \sim L_3$ ) が該磁界センサのうちの二つの間に位置するように、配列されている。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の電流測定装置であって、磁界センサ ( $S_1 \sim S_4$ ) は、二つの導電体を結ぶ想像上の線に関して垂直にずれるように配列されている。

【請求項 4】

請求項 1、請求項 2 又は請求項 3 に記載の電流測定装置であって、磁界センサ ( $S_1 \sim S_4$ ) はホールセンサである。

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載の電流測定装置であって、ホールセンサは、読取りユニット ( 1 2 ) 及び計算ユニット ( 1 0 ) と共に半導体基板上に一体的に形成されている。

**【請求項 6】**

請求項 1、請求項 2、請求項 3、請求項 4 又は請求項 5 に記載の電流測定装置であって、マトリクス状の係数がメモリ手段 ( 1 6 ) に保存されている。

**【請求項 7】**

請求項 6 に記載の電流測定装置であって、メモリ手段 ( 1 6 ) は半導体基板上に一体的に形成されている。

**【請求項 8】**

$n$  個 (  $n \leq N$  ,  $n \geq 2$  ,  $N$  は自然数 ) の導電体 (  $L 1 \sim L 3$  ) からなるアレイのうちの一つ又は複数の導電体を流れる電流を測定するための電流測定方法であり、下記のステップを含む、

それぞれ二つの磁界センサが各導電体に隣接するように配列されている  $n + 1$  個の磁界センサ (  $S 1 \sim S 4$  ) の出力信号を読み取る、

読み取られた出力信号を基に、 $n$  個の導電体のそれぞれを流れる電流及びある一定の磁界が各磁界センサ (  $S 1 \sim S 4$  ) の出力信号に与える影響を表す係数に基づいて、一つ又は複数の導電体 (  $L 1 \sim L 3$  ) を流れる電流を計算する。

**【請求項 9】**

請求項 8 に記載の電流測定方法であって、ある特定の電流を各導電体に順に発生させ、その間、他の導電体には全く電流が流れない状態での各磁界センサ (  $S 1 \sim S 4$  ) の出力信号に基づき、また、ある特定の一定の磁界が印加され、導電体には全く電流が流れない状態での各磁界センサ (  $S 1 \sim S 4$  ) の出力信号に基づき、前記係数を決定するステップをさらに含む。

**【請求項 10】**

請求項 9 に記載の電流測定方法であって、係数を保存するステップをさらに含む。

**【請求項 11】**

請求項 8、請求項 9 又は請求項 10 に記載の電流測定方法であって、計算ステップは、マトリクス演算により磁界センサ (  $S 1 \sim S 4$  ) の出力信号の線状の相互連結の実行を含み、該係数は  $n$  個の導電体 (  $L 1 \sim L 3$  ) のそれぞれを流れる電流及びある一定の磁界が各磁界センサ (  $S 1 \sim S 4$  ) の出力信号に与える影響を表す係数がマトリクス係数として使用される。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、電流測定装置及び電流測定方法、特に、互いに近接して配置された複数の導電体からなるアレイのうち、一つ又は複数の導電体を流れる電流を測定する装置及び方法に関する。

**【0002】****【従来技術と課題】**

電位差に関係のない電流測定のために、二つの磁界センサを導電体の両側に配置することが知られている。このような装置の概略を図 1 に示す。図 1 において、二つの磁界センサ 2 , 4 が導電体 6 の両側に配置されている。磁界センサ 2 , 4 により、導電体 6 を流れる電流によって生じる磁界を測定する。導電体の電流は、二つの磁界センサ 2 , 4 の出力信号の差を求めることで決定する。この原理は、電流測定の際、存在する勾配のない磁界を除去することを可能にする。前述の装置は、 $n$  個の導電体の電流を同時に測定する際には  $2n$  個のセンサが必要であるという点で不利である。この公知の方法は、また、複数の導電体を流れる電流を測定する際、導電体が互いに空間的に密接して配置されている場合には問題がある。ある導電体の位置に、隣接する導電体の電流による磁界の勾配が発生し、これにより電流測定が妨げられるおそれがある。隣接する導電体の電流により引き起こさ

10

20

30

40

50

れる磁界勾配の影響を補正することができない。

【0003】

本発明の目的は、 $n$ 個の導電体からなるアレイのうちの一つ又は複数の導電体を流れる電流を、少ない数の磁界センサを用いて測定する装置及び方法で、導電体アレイのそれぞれの導電体が互いに密接して配置されていても、それらの導電体のうちの一つを流れる電流を正確に検知できるものを提供することにある。

【0004】

この目的は、請求項1に係る電流測定装置及び請求項8に係る方法により達成できる。

【0005】

【発明の構成、作用及び効果】

本発明は、 $n$ 個の導電体（ $n$ は2以上の自然数）からなるアレイのうちの一つ又は複数の導電体を流れる電流を測定する電流測定装置であり、 $n+1$ 個の磁界センサが、それぞれ二つの磁界センサが各導電体に隣接するように配列されたものを提供する。さらに、磁界センサの出力信号を読み取るユニットを備えている。最終的には、この電流測定装置は、読み取られた出力信号を基に、 $n$ 個の導電体のそれぞれを流れる電流及びある一定の磁界が各磁界センサの出力信号に与える影響を表す係数とに基づいて、一つ又は複数の導電体を流れる電流を計算するユニットを備えている。

【0006】

本発明によれば、このように、 $n$ 個の導電体を流れる電流を測定する際に必要な磁界センサの数を、 $2n$ から $n+1$ に減少することができる。さらに、本発明は、空間的に密接して電流を流す導電体の、ある一つの導電体の電流測定への影響の補正を可能にする。つまり、本発明は、比較的簡単な構成であるが、互いに密接に配置された導電体の場合でも正確な結果を得ることができる、電流測定装置を提供する。

【0007】

磁界センサは、評価電子部品、つまり、読取りユニットと計算ユニットと共に、そして好ましくはさらに係数を記憶するためのメモリと共に、半導体基板上に一体的に形成されるホールセンサであることが好ましい。

【0008】

本発明は、さらに、 $n$ 個の導電体（ $n$ は2以上の自然数）からなるアレイのうちの一つ又は複数の導電体を流れる電流を測定する方法であり、最初に、それぞれ二つの磁界センサが各導電体に接するように配列された $n+1$ 個の磁界センサの出力信号を読み取る方法を提供する。次に、読み取られた出力信号を基に、 $n$ 個の導電体のそれぞれを流れる電流及びある一定の磁界が各磁界センサの出力信号に与える影響を表す係数とに基づいて、一つ又は複数の導電体を流れる電流が計算される。

【0009】

本発明に係る好ましい実施形態は、さらに、前記係数を算出するためにキャリブレーションを実行するステップを備えている。その際、各導電体にある特定の電流が流れ、他の導電体には全く電流が流れないようにしてキャリブレーションが行われ、前記係数はマトリクス係数として決定される。さらに、いずれの導電体にも電流が流れていず、一定の磁界、つまり、公知の規模の勾配のない磁界が磁界センサに与えられている状況で、キャリブレーションが実行される。一つ又は複数の導電体を流れる電流を計算するために、全ての磁界センサのセンサ信号が、決定された係数マトリクスを使用するマトリクス演算により、線状に互いに結ばれることになる。

【0010】

前述したように、磁界センサはホールセンサであることが好ましい。これらのホールセンサは、垂直に入射する磁界を感知するので、導電体の間にあるいは導電体の間の空間で上方に又は下方にずらして配置される。

【0011】

本発明において、また、面、例えば、磁界検知面に平行に入射する磁界を感知するセンサを使用することも可能である。これらのセンサは、導電体に対して、導電体によって生じ

10

20

30

40

50

る磁界がその面に対して略平行に入射するように配置されている。

【 0 0 1 2 】

【 発 明 の 実 施 の 形 態 】

以下、本発明の好ましい実施形態を、添付図面を参照しながら説明する。

【 0 0 1 3 】

図 2 は、互いに密接に配置された 3 個の導電体 L 1 , L 2 , L 3 の電流を測定するために使用される、本発明に係る磁界センサのアレイを概略的に示す。図 2 に示されているように、導電体 L 1 , L 2 , L 3 の電流を測定するのに、単に 4 個の磁界センサが必要なだけである。これらの 4 個のセンサは、これらのセンサのうちのそれぞれ 2 個が、例えば、S 1 と S 2 が一つの導電体、例えば L 1 に隣接するように、配列されている。これらの導電体のうちの一つを流れる電流を検知するには、全ての磁界センサ S 1 ~ S 4 の出力信号をマトリクス演算によって線状に互いに結ぶ。その際、各導電体が、他の導電体には電流が流れていない状態で、その導電体には特定の電流が生じるという状況でキャリブレーションを行って、マトリクス係数が決定される。

【 0 0 1 4 】

さらに、キャリブレーションは、これらの導電体に電流が流れていない状態で、ある一定の磁界を導電体アレイに与えて行う。

【 0 0 1 5 】

結果としての係数マトリクスは下記のものとする。

【 0 0 1 6 】

【 式 1 】

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{g1} & a_{g2} & a_{g3} & a_{g4} \end{bmatrix}$$

【 0 0 1 7 】

係数  $a_{11} \sim a_{14}$  は、ある特定の電流が導電体 L 1 だけに流れているときに得られるもので、係数  $a_{21} \sim a_{24}$  は、ある特定の電流が導電体 L 2 だけに流れているときに得られるもので、係数  $a_{31} \sim a_{34}$  は、ある特定の電流が導電体 L 3 だけに流れているときに得られるものである。係数  $a_{g1} \sim a_{g4}$  は、どの導電体にも電流が流れておらず、ある一定の磁界が与えられているときに得られるものである。

【 0 0 1 8 】

それぞれの係数の指標の最初の数字は導電体を表し、指標の 2 番目の数字はセンサを表している。例えば、係数  $a_{11}$  は、導電体 L 1 を流れる電流がセンサ S 1 の出力信号に与える影響を示している。係数  $a_{g1} \sim a_{g4}$  の場合は、文字 g はそれぞれ一定の磁界を表し、これらの係数は一定の磁界がそれぞれのセンサの出力信号に与える影響を表している。

【 0 0 1 9 】

前記係数を使って、4 個の磁界センサ S 1 ~ S 4 の出力信号  $A_1 \sim A_4$  は下記のように形成される。

【 0 0 2 0 】

$$A_1 = a_{11} \cdot I_1 + a_{21} \cdot I_2 + a_{31} \cdot I_3 + a_{g1} \cdot H_g$$

$$A_2 = a_{12} \cdot I_1 + a_{22} \cdot I_2 + a_{32} \cdot I_3 + a_{g2} \cdot H_g$$

$$A_3 = a_{13} \cdot I_1 + a_{23} \cdot I_2 + a_{33} \cdot I_3 + a_{g3} \cdot H_g$$

$$A_4 = a_{14} \cdot I_1 + a_{24} \cdot I_2 + a_{34} \cdot I_3 + a_{g4} \cdot H_g$$

【 0 0 2 1 】

$I_1$  は導電体 L 1 を流れる電流を表し、 $I_2$  は導電体 L 2 を流れる電流を表し、 $I_3$  は導

10

20

30

40

50

電体 L 3 を流れる電流を表し、H<sub>g</sub> は印加される一定の磁界を表す。

【 0 0 2 2 】

前記方程式は下記のように行列又はベクトルの形で表すことができる。

【 0 0 2 3 】

【 式 2 】

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

10

【 0 0 2 4 】

係数の行列を逆転した後、導電体 L 1 ~ L 3 を流れる個々の電流 I<sub>1</sub> ~ I<sub>3</sub> は以下のように求められる。

【 0 0 2 5 】

【 式 3 】

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ H_g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{g1} & a_{g2} & a_{g3} & a_{g4} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix}$$

20

【 0 0 2 6 】

このように、導電体 L 1 ~ L 3 のそれぞれを流れる電流は、本発明により正確に計算され、n 個の導電体を流れる電流を測定する際に必要な磁界センサは単に n + 1 個である。前述の計算方法はさらに、一定の磁界の検出を可能にする。

30

【 0 0 2 7 】

図 3 は、3 個の導電体の電流を測定する際の、一つの可能な磁界センサの配列方法を説明する概略図である。この場合も、3 個の導電体に対して 4 個のセンサ S 1 ~ S 4 が、2 個の磁界センサがそれぞれ 1 個の導電体に隣接するように配列されている。しかし、この場合、センサは導電体の配列ラインに対して垂直にずれて配置されている。例えば、センサは導電体に対して上方にあるいは下方にずれている。このような配置は、例えば、これらのセンサがホールセンサであり、導電体と共に半導体基板上に一体的に形成される場合に、容易に実現できる。導電体 L 1 ~ L 3 は、図 3 中、円形の断面としてのみ示されているだけであるが、導電体上に誘電体層が配置され、そして磁界センサはこの誘電体層上に配置されていてもよい。図 3 に示す配置、または導電体の間への直接的なセンサの配置は、これらのセンサが垂直に入射してくる磁界を感知するものである場合である。

40

【 0 0 2 8 】

図 4 は、センサが面、例えば磁界感知面と平行に入射してくる磁界を感知するものである場合の、導電体に関するセンサの配置を示す。この配置において、導電体 L 1 ~ L 3 を流れる電流によって生じる磁界の磁力線が、センサ S 1 ~ S 4 の主面と平行に伸びている。この場合もまた、n 個の導電体を流れる電流を測定するために必要な磁界センサの数は、単に n + 1 である。

【 0 0 2 9 】

図 5 は、本発明に係る電流測定装置の概略総括図である。3 個の導電体 L 1 ~ L 3 と 4 個の磁界センサ S 1 ~ S 4 の配置が、この図にも示されている。磁界センサ S 1 ~ S 4 はそ

50

れぞれ評価ユニット 10 に接続されている。さらに詳しくは、センサ  $S_1 \sim S_4$  は評価ユニット 10 の読取りユニット 12 に接続されている。評価ユニット 10 では、前述したようなそれぞれの導電体  $L_1 \sim L_3$  を流れる電流の計算が行われる。さらに、評価ユニット 10 は、前述の係数を決定するためのキャリブレーションユニット 14 を備えていることが好ましい。この目的のために、キャリブレーションユニット 14 は、導電体  $L_1 \sim L_3$  にある特定の電流を流すのに適するように、それぞれの導電体  $L_1 \sim L_3$  に接続されている。このことは、図 5 中、キャリブレーションユニット 14 とそれぞれの導電体  $L_1 \sim L_3$  の間に概略的に示されている。さらに、係数  $a_{g1} \sim a_{g4}$  を決定するために、ある特定の磁界（図示せず）を生じさせる手段を備えていることが好ましい。あるいは、これらの係数のそれぞれは、値 1 又は他の予め決められた値として与えられてもよい。さらに、評価ユニット 10 は、決定された係数を好ましくは行列の形で保存するためのメモリ 16 を備えていることが好ましい。これらの係数は決定された形のまま保存してもよい。しかし、まず、決定された係数から反転行列の素子を計算し、これらの素子をメモリ 16 に保存することが好ましい。図 5 では、メモリ 16 は評価ユニット 10 とは別体として示されているが、もちろん、メモリ 16 を評価ユニット 10 に組み込んでもよい。

10

#### 【0030】

つまり、本発明は、電流測定装置及び電流測定方法を提供し、これらの装置及び方法において、 $n$  個の導電体を流れる電流を測定するために必要な磁界センサの数は単に  $n + 1$  のみである。添付図面では、並置された導電体  $L_1 \sim L_3$  を示しているのみであるが、本発明は導電体が互いに垂直に伸びている導電体アレイ、例えば多層構造の基板にも応用可能である。この場合もまた、 $n + 1$  個の磁界センサが必要なだけである。

20

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】従来の電流測定装置を示す概略図。

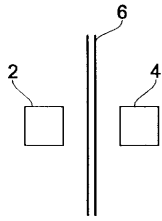
【図 2】本発明に係る電流測定装置を示す概略図。

【図 3】本発明に係る電流測定方法を実行するためのホールセンサの可能な配置を示す概略図。

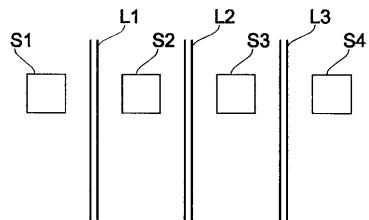
【図 4】本発明に係る電流測定方法を実行するための磁界検知面の配置を示す概略図。

【図 5】本発明に係る電流測定装置を示す概略図。

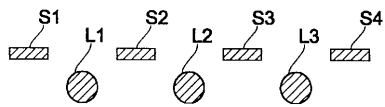
【図 1】



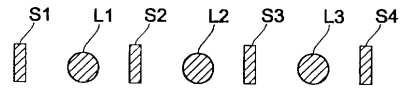
【図 2】



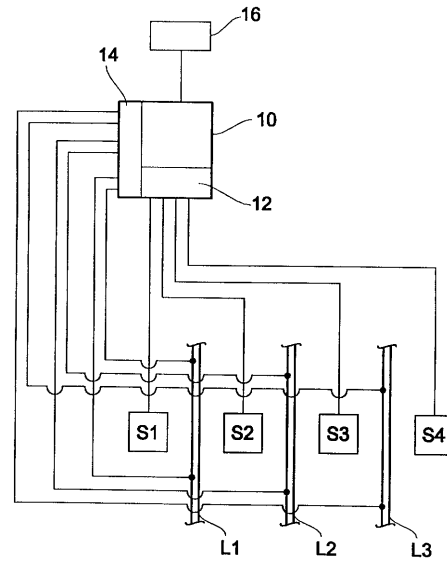
【図 3】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 サオエラー、ヨーゼフ

ドイツ国、D - 9 1 0 7 4 ヘルツォーゲナオラハ、シュテガーストレ . 9 a

審査官 堀 圭史

(56)参考文献 特開平 0 7 - 2 4 8 3 6 6 ( J P , A )

特開平 0 9 - 0 5 4 1 4 9 ( J P , A )

実開昭 6 2 - 1 5 2 2 6 9 ( J P , U )

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B名)

G01R 15/00-26

G01R 19/00