

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5783361号  
(P5783361)

(45) 発行日 平成27年9月24日(2015.9.24)

(24) 登録日 平成27年7月31日(2015.7.31)

(51) Int.Cl. F I  
GO 1 R 15/20 (2006.01) GO 1 R 15/20 Z

請求項の数 1 (全 10 頁)

|           |                               |                           |                             |
|-----------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2011-118026 (P2011-118026)  | (73) 特許権者                 | 000006507                   |
| (22) 出願日  | 平成23年5月26日 (2011.5.26)        |                           | 横河電機株式会社                    |
| (65) 公開番号 | 特開2012-247250 (P2012-247250A) |                           | 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号           |
| (43) 公開日  | 平成24年12月13日 (2012.12.13)      | (72) 発明者                  | 杉原 吉信                       |
| 審査請求日     | 平成26年4月1日 (2014.4.1)          |                           | 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内 |
|           |                               | 審査官                       | 菅藤 政明                       |
|           |                               | (56) 参考文献                 | 特開平11-237411 (JP, A)        |
|           |                               |                           | 特開2010-204026 (JP, A)       |
|           |                               | (58) 調査した分野(Int.Cl., DB名) | GO 1 R 15/20                |

(54) 【発明の名称】 電流測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

幅広の導体よりなる測定対象に流れる被測定電流に起因して生じる磁気を検出する複数の磁気検出素子を備え、

前記磁気検出素子を前記測定対象の周囲に概ね導体断面の中心を通り導体断面の長手方向が長軸となる長軸を有する楕円状に配列し、前記磁気検出素子の最大感度を前記楕円の接線方向に向けるとともに、

前記楕円の長軸方向の長さを  $2a$ 、短軸方向の長さを  $2b$ 、かつ、 $b/a < 0.7$ 、

前記磁気検出素子の個数を  $N$  ( $N$ は3以上の整数)、

前記磁気検出素子の番号を  $M$  ( $0 \leq M < N$  ;  $M$ は整数) としたときに、

前記磁気検出素子の  $X$  座標および  $Y$  座標を

$$X = a \times \cos(2 \times (M + 1/4) / N)、$$

$$Y = b \times \sin(2 \times (M + 1/4) / N)、$$

とし、

$M$  番目の前記磁気検出素子が検出する磁気の感度の重みを  $K_M$  としたときに、

$$K_M = (\sin^2(2 \times (M + 1/4) / N) + (b/a)^2 \times \cos^2(2 \times (M + 1/4) / N))^{1/2}$$

として付加し加算することを特徴とする電流測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、測定対象に流れる電流に起因して生じる磁気を検出して電流の測定を行う電流測定装置に関するものである。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

測定対象に流れる電流（被測定電流）に起因して生じる磁気に基づいて、被測定電流の測定を行う技術が特許文献 1 および特許文献 2 に開示されている。特許文献 1 の技術では、非磁性体保持部にホール素子を保持させて、非磁性ケースに収容する。非磁性ケースにはバスバーを挿通する挿通部を設けており、この挿通部にバスバーを挿通する。これにより、ホール素子とバスバーとの間の距離を安定化させている。

10

## 【 0 0 0 3 】

特許文献 2 の技術は、電流線を基板に設けた切り込みに挿入し、この電流線の周囲にホール素子を配列している。電流線を基板に対して配設することにより、簡単な構成で高感度の電流検出を行っている。ホール素子は電流線を中心として円状の軌跡を描くように配置している。

## 【 0 0 0 4 】

また、これらの技術の他に、測定対象に流れる電流に起因して生じる磁気に基づいて被測定電流を測定する方式としては、光ファイバのファラデー効果を利用した電流測定装置やロゴスキーコイルを利用した検出がある。

## 【 先行技術文献 】

20

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 0 - 0 1 4 4 7 7 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 7 - 1 0 7 9 7 2 号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 6 】

特許文献 1 の技術では、1つのホール素子によりバスバーの電流を検出している。よって、ホール素子とバスバーとの間隔により電流の測定感度が変化する。つまり、ホール素子とバスバーとの間隔を厳格に維持することにより、正確に電流測定を行うことができる。この点、特許文献 1 の技術では、非磁性ケースにホール素子およびバスバーを収容して固定することで、ホール素子とバスバーとの位置関係を正確に維持するようにしている。

30

## 【 0 0 0 7 】

一方、バスバーには多種類があり、その種類によってバスバーの形状が変化する。特許文献 1 の非磁性ケースはバスバーを収容して固定するため、1種類のバスバーにのみ対応したものであり、つまり1種類のバスバーのために専用に設計したものになる。従って、多様なバスバーに対応することができない。

## 【 0 0 0 8 】

また、特許文献 1 の技術では、1つのホール素子により電流測定を行っているため、表皮効果によって高周波電流の感度が変化する。つまり、低周波電流はバスバーの中を一様に分布して流れるが、高周波電流はバスバーの表面、特に端部に多く流れるため、ホール素子と電流との間隔が変化して、高周波電流の測定精度が低下する。

40

## 【 0 0 0 9 】

且つ、1つのホール素子を用いる場合には磁気シールドが必要となる。高透磁率の磁気シールドを用いて閉磁路を形成することで、外部からの磁気の影響を排除するが、閉磁路のためバスバーを流れる電流に起因する磁界により大きな磁束を磁気シールドに生じる。これにより、鉄損による発熱、磁歪振動、振動、騒音、インダクタンスの増加といった種々の問題を生じる。また、磁気シールドの形状が磁力線に沿っていない場合には磁力線の経路を乱し、電流の測定に誤差を生じる。

## 【 0 0 1 0 】

50

一方、特許文献2の技術のように、複数のホール素子を用い、円周状に配置することで、ホール素子と電流線との位置関係をそれほど厳格にしなくても、高い測定精度を得ることができる。これにより、ホール素子と電流線との位置関係にある程度の誤差が許容される。また、地磁気等の外部の影響を受けることがなくなり、磁気シールドを設けなくても、高い精度の電流測定を行うことができる。

【0011】

ただし、特許文献2の技術では、電流線を中心として複数のホール素子を円周状に配列している。測定対象が円形の電流線であれば、ホール素子を配列する円はそれほど大きくならないが、測定対象が幅広のバスバーである場合には、ホール素子を配列する円が非常に大きくなる。

【0012】

多くのバスバーは幅広の金属板であり、このバスバーの外側にホール素子を配列する円を形成するため、円の直径はバスバーの幅に対応して大きくなる。

【0013】

図7および図8に示すように、バスバー101は壁103に対して所定の間隔Lの分だけ離間した位置に設けている。このとき、バスバー101を内包するようにホール素子を配列する円を形成すると、当該円の半径以上の間隔Lを設けなくてはならない。つまり、壁103に対してバスバー101を大きく離間した位置に配置しなければならなくなる。このため、壁103とバスバー101との間の広範な空間が無駄になる。

【0014】

特許文献2の図7乃至図9のように、ホール素子を並列的に配列すれば、幅広のバスバーであっても電流測定装置の全体のサイズはそれほど大型化しない。ただし、複数のバスバーを測定対象としたときに、隣接するバスバーの電流による磁界も比較的大きな感度で検出するため、バスバーごとの電流を測定する場合には適しない。

【0015】

光ファイバの電流測定装置は偏光面の微小な回転を使用しているため、ファイバに機械的なストレスが加わると誤差を生じやすい等、取り扱いが難しい。また、ロゴスキーコイルは電磁誘導を使用しているため、直流成分を測定することができない。

【0016】

そこで、本発明は、測定対象に流れる電流を高精度且つコンパクトな構成で測定することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

以上の課題を解決するため、本発明の電流測定装置は、幅広の導体よりなる測定対象に流れる被測定電流に起因して生じる磁気を検出する複数の磁気検出素子を備え、

前記磁気検出素子を前記測定対象の周囲に概ね導体断面の中心を通り導体断面の長手方向が長軸となる長軸を有する楕円状に配列し、前記磁気検出素子の最大感度を前記楕円の接線方向に向けるとともに、

前記楕円の長軸方向の長さを2a、短軸方向の長さを2b、かつ、 $b/a < 0.7$ 、

前記磁気検出素子の個数をN(Nは3以上の整数)、

前記磁気検出素子の番号をM(0 ≤ M < N; Mは整数)としたときに、

前記磁気検出素子のX座標およびY座標を

$$X = a \times \cos(2\pi \times (M + 1/4) / N)、$$

$$Y = b \times \sin(2\pi \times (M + 1/4) / N)、$$

とし、

M番目の前記磁気検出素子が検出する磁気感度の重みを $K_M$ としたときに、

$$K_M = (\sin^2(2\pi \times (M + 1/4) / N) + (b/a)^2 \times \cos^2(2\pi \times (M + 1/4) / N))^{1/2}$$

として付加し加算することを特徴とする。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0018】

本発明は、磁気検出素子を楕円状に配列していることから、磁気検出素子に幅広のバスバーを用いたとしても、コンパクトな構成で電流測定装置を実現できる。

また、磁気検出素子を楕円状に配列して最大磁気感度の向きを楕円の接線方向に向けて楕円状に配列される磁気検出素子のそれぞれの感度に所定の重みをつけて加算することにより、アンペールの法則における周回積分を近似できて、高精度に電流測定を行うことができる。

すなわち、導体内の電流分布の変化による感度変化が小さくなる。

## 【0019】

また、本発明では、磁気検出素子を楕円状に配列するのにあたり、まず単位円上に等間隔に磁気検出素子を配置し、そのX座標に長半径aを掛けてY座標に短半径bを掛けている。このとき、長軸に磁気検出素子を配列するのではなく、単位円上で1/4ピッチだけシフトした配置を基に楕円化している。

## 【0020】

このような配置によれば、長軸上の電流に対する誤差の最大値が抑えられ、比較的少数の磁気センサであっても電流の測定精度が向上する。

また、磁気検出素子を配列した楕円の外側に流れる電流に対する感度が小さくできるため、磁気シールドを省略できて磁気シールドに起因する問題を回避できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0021】

【図1】実施形態の電流測定装置の構成図である。

【図2】第1の例のグラフであり、磁気センサ5個を楕円状、等間隔に配置して同一の重みで加算した場合の楕円率による特性変化を示している。

【図3】第2の例のグラフであり、磁気センサ4個を楕円状、等間隔に配置して同一の重みで加算した場合の磁気センサの位置に対する特性変化を示している。

【図4】第3の例のグラフであり、磁気センサ5個を本発明に基づく配置として本発明に基づく重みで加算した場合の楕円率による特性変化を示している。

【図5】第4の例のグラフであり、磁気センサ3～6個を本発明に基づく配置として本発明の重みで加算した場合の磁気センサの個数に対する特性変化を示している。

【図6】第5の例のグラフであり、磁気センサ5個を本発明に基づく配置および重みで加算した場合と楕円状等間隔に配置し同一の重みで加算した場合の比較を示している。

【図7】測定対象となるバスバーの設置形態例図である。

【図8】図7を他の角度から見た図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0022】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。図1は本実施形態の電流測定装置を示している。同図において、測定対象としてのバスバー1の周囲に仮想的な楕円Eを形成し、楕円Eの上に複数(図1では、12個)の磁気センサ2を配列している。バスバー1は壁3から距離Lだけ離間した位置に設けられている。

## 【0023】

バスバー(ブスバー)1は測定対象であり、このバスバー1に流れる電流(被測定電流)を測定する。バスバー1は薄型且つ幅広の形状をしている。つまり、バスバー1の断面は長手方向(長辺側)が短手方向(短辺側)に対して非常に長い四角形になる。図1では、バスバー1に流れる測定電流は紙面に直交する方向に流れる。

## 【0024】

磁気センサ2は磁気を検出して、電流を測定する磁気検出素子である。この磁気センサ2としてはホール素子や磁性薄膜型の磁気抵抗素子等を適用することができる。磁気センサ2は複数個を用意し、バスバー1の周囲に仮想的に設定した楕円Eに複数個の磁気センサ2を配列する。各磁気センサ2には最大感度を持つ特定の方向がある。この最大感度を

10

20

30

40

50

持つ方向を楕円Eの接線方向に向けて配置する。このとき、磁気センサの最大感度の極性を時計回りまたは反時計回りに統一する。

【0025】

バスバー1に被測定電流を流すことにより、バスバー1の周囲に磁気が発生する。この磁気を各磁気センサ2が検出することにより、バスバー1の電流測定を行う。バスバー1に流れる被測定電流はアンペールの法則に基づいて各磁気センサ2が検出する。このときに、磁気センサ2の配列個数を無限個とすれば、アンペールの法則における積分を理想的に行うことができる。

【0026】

ただし、使用する磁気センサ2の個数は有限個である。よって、磁気センサ2の離散的な測定値に基づいて近似的な計算（離散積分）を行う。これにより、バスバー1に流れる被測定電流を測定する。このとき、磁気センサ2の個数は多いほど、近似的な計算の正確性は向上する。

10

【0027】

閉曲線である楕円Eに複数の磁気センサ2を配列することで、積分路が形成される。バスバー1は楕円Eの内側に設けられており、バスバー1と楕円Eとの位置関係、つまりバスバー1と各磁気センサ2との位置関係に多少の誤差を生じたとしても、測定する被測定電流の精度はそれほど低下しない。

【0028】

これは、バスバー1の位置が楕円Eの中心からずれることにより、一部の磁気センサ2とバスバー1とが近接することになるが、バスバー1を挟んで反対側に位置する磁気センサ2とバスバー1とが離間する。最終的には全ての磁気センサ2が検出した磁気を積分するため、閉磁路内部でバスバー1の位置がずれたとしても、測定に大きな誤差を生じることはない。

20

【0029】

また、表皮効果によって高周波電流の測定精度が低下することもなくなる。表皮効果によりバスバー1の表面と中心とで高周波電流の電流密度が異なるが、楕円Eのうちバスバー1を挟んで反対側にある磁気センサ2が検出する磁気を積分することで、最終的に表皮効果による影響は回避される。これにより、周波数による感度変化が抑えられて、広帯域化を図ることができる。

30

【0030】

さらに、楕円Eに磁気センサ2を配列することにより閉じた積分路が形成されるため、地磁気や外部の電流による影響を小さくすることができる。これにより、磁気シールドが不要になる。磁気シールドを省略することで、磁気シールドの鉄損による発熱を防止し、磁歪振動や騒音といった問題を生じることがない。また、インダクタンスも増加することがない。さらに、磁気シールドの磁気特性の非線形性による誤差を生じなくすることができる。

【0031】

従って、バスバー1の周囲に形成した楕円Eに磁気センサ2を配列し、且つその最大感度を楕円Eの接線方向に向けると、高い精度の電流測定を実現することができる。このとき、バスバー1の形状（短手方向に対して長手方向が非常に長くなっている形状）に応じて磁気センサ2を楕円Eの上に配列している。

40

【0032】

楕円Eの短軸をバスバー1の短手方向に対応させ、楕円Eの長軸をバスバー1の長手方向に対応させることで、バスバー1の形状に楕円Eの形状を近づけることができる。磁気センサ2を円周状に配列する場合には、バスバー1と円との間に大きな間隙を生じるが、磁気センサ2を楕円Eに沿って配列することで、磁気センサ2とバスバー1との間に大きな間隙を生じることがない。これにより、楕円Eのサイズをコンパクトにすることができる。

【0033】

50

これに伴い、バスバー 1 と壁 3 との間の間隔を近接させることができる。つまり、電流測定装置の全体のサイズを大幅にコンパクトにすると共に、壁 3 に近接させることができる。これにより、電流測定装置のために大きな空間を占有されることがない。

【 0 0 3 4 】

ここで、磁気センサ 2 を楕円 E に配列させるときに、下記の式 1 を満たすようにして配列すると、被測定電流の測定精度が向上する。以下において、X 座標および Y 座標を設定し、楕円 E の長軸方向の長さの半分（長半径）を a、短軸方向の長さの半分（短半径）を b とし、磁気センサ 2 の個数を N（N は 3 以上の整数）とする。また、N 個（ここでは、12 個）の磁気センサ 2 に 1 番から N 番までの番号を付したときの磁気センサ 2 の番号を M としたときに、各磁気センサ 2 の X 座標および Y 座標が、

【 0 0 3 5 】

$$\begin{aligned} X &= a \times \cos \left( 2 \pi \times \left( M + \frac{1}{4} \right) / N \right) \\ Y &= b \times \sin \left( 2 \pi \times \left( M + \frac{1}{4} \right) / N \right) \end{aligned} \quad (1)$$

【 0 0 3 6 】

を満たすように、磁気センサ 2 を配列する。これにより、最終的に測定されるバスバーを流れる電流の測定精度が向上する。

【 0 0 3 7 】

また、各磁気センサ 2 の感度に重みをつけて加算する。M 番目の磁気センサ 2 の重みを  $K_M$  としたときに、次式を満たすような重み  $K_M$  をつけるようにする。

【 0 0 3 8 】

$$K_M = \sqrt{\sin^2 \left( 2\pi \frac{M + \frac{1}{4}}{N} \right) + \left( \frac{b}{a} \right)^2 \cdot \cos^2 \left( 2\pi \frac{M + \frac{1}{4}}{N} \right)} \quad (2)$$

【 0 0 3 9 】

これにより、被測定電流の測定精度がさらに向上する。各磁気センサ 2 に対する重み付けは、磁気センサ 2 の出力値に対して重みを乗算するにしてもよい。ホール素子を磁気センサ 2 として適用した場合には、バイアス電流を重み付けして得た出力を同一の重みで加算してもよいし、ホール素子の膜厚を調整することにより重み付けをしてもよい。

【 0 0 4 0 】

電流センサは、バスバー内の電流分布によらず、電流の総量に比例した値を出力することが望ましいが、有限個の磁気センサを用いて積分を近似する場合には、電流測定値は電流分布の影響を受ける。電流分布の影響を調べるために、扁平な導体を楕円 E の長軸上に置き、電流分布が極端に偏った場合、すなわち全電流が一点に集中した場合のその位置、すなわち電流の位置に対する電流センサの感度変化を種々の例について測定する。

【 0 0 4 1 】

幅広のバスバーに電流が不均一に分布している場合において、電流の位置に対する電流センサの感度が求められていれば、各点における電流密度にその位置の感度を掛けて積分することで、電流に比例した電流センサ出力値を求められる。このことから、電流分布によらず一定の電流感度を持つ電流センサを得るためには、バスバーの断面内の各点における電流感度が一定であることが必要である。

【 0 0 4 2 】

まず、磁気センサ 2 を楕円 E の周上に等間隔で配置し、各磁気センサの出力を同一の重みで加算して電流測定値とし、楕円 E の楕円率（=  $b/a$ ）を変化させたときのグラフを第 1 の例として図 2 に示す。なお、磁気センサ 2 の個数は 5 個であり、楕円率は 1.0（= 円）、0.7、0.4 に変化させている。

【 0 0 4 3 】

図 2 において、横軸は楕円 E の長軸上の位置を長半径で正規化して表したものであり、±1 は楕円 E と長軸が交わる点を表している。縦軸は、感度の理想値 = 100 として、そ

10

20

30

40

50

れに対する相対値で表している。ここで、感度を相対値で表したのは、測定領域の内側および外側の感度変化を種々の条件において示すためであり、一般に、各磁気センサの出力に重みを掛けて加算すれば電流に比例した値が得られ、その値に定数を掛ければ電流センサとしての所望の感度を得られることによる。

【0044】

電流センサとして磁気センサを配置した楕円内部の長軸近傍を測定領域とすると、グラフの横軸上の「-1」～「1」の間で感度相対値が「100」であれば、測定領域内の電流の位置あるいは電流分布によらずに理想値が出力される。また、楕円の外部に流れる電流による干渉を避けるためには、横軸上の箇所では感度相対値が「0」であるグラフが理想である。

10

【0045】

図2に示すように、楕円率が0.7としたものが最も理想的な感度（被測定電流の測定精度が高い）のグラフになる。磁気センサ2を楕円Eに沿って配列することで、コンパクト化を図れるだけでなく、被測定電流の測定精度が向上するという効果を奏するが、磁気センサ2を等間隔に配置し、同一の重みで加算した場合には楕円率を0.7よりも小さくすると誤差が増大する。

【0046】

次に、磁気センサ2を長軸から楕円Eの周方向にシフトさせた第2の例について説明する。

図3は楕円Eの楕円率が0.4、磁気センサ2の個数が4、楕円Eの周上で磁気センサ2を等間隔に配置したものである。楕円Eの長軸の上から楕円Eの周方向に1/8ピッチ、1/4ピッチ、3/8ピッチ、1/2ピッチずらしたグラフを示している。

20

【0047】

例えば、楕円Eの周囲長が160mmのときに4個の磁気センサを等間隔に配置するとピッチは40mmであり、1/8ピッチは5mmに相当する。その場合に1/8ピッチずらすとは、1つの磁気センサを楕円Eとその長軸の交点から楕円Eにそって5mm移動した点に配置し、残り3つの磁気センサをその位置から楕円Eにそってピッチ40mm毎に配置することである。

【0048】

1/8ピッチ右シフトすることは、長軸に対して反転すれば1/8ピッチ左シフトした場合と一致した配置であり、各誤差は等しい。また、1/8ピッチ右シフトすることは7/8ピッチ左シフトした場合と同一の配置であるため、5/8ピッチ～7/8ピッチを省略している。

30

このグラフから磁気センサ2を1/4ピッチずらしたときが、最も被測定電流の測定精度が向上していることが明らかである。

【0049】

また、前述の式1に示すような不等間隔の配置においては、楕円周上のピッチが定まらないが、式1の長半径a、短半径bをかける前の単位円上で1/4ピッチずらすことにより同様の効果が得られる。

図1では、磁気センサ2を1/4ピッチずらして配列したときの状態を示した。図2を除く他の図も、1/4ピッチずらしたときの特性である。

40

【0050】

図4は磁気センサ2を式1に従って不等間隔に配置し、各磁気センサ出力に式2による重み付け $K_M$ を付加した第3の例のグラフ（等リプル配置）である。重み付け $K_M$ を磁気センサ2に付加することで、楕円率が0.4であっても楕円Eと長軸との交点近傍にあった誤差の最大値が抑えられ、等間隔に磁気センサ2を配置した図2の場合よりも、被測定電流の測定精度を向上させることができる（「-1」から「1」までの間の感度相対値が「100」に近づき、それ以外の箇所では感度相対値が「0」に近づいている）。重み付け $K_M$ を付加した場合でも、短軸周辺では円ではなく楕円率0.7のグラフが最も理想的なグラフになっているが、一定の誤差を許容すれば楕円率0.4の方が楕円Eとの交点近

50

くまで感度が大きく減衰しないため、有効な測定領域を広く得ることができ、楕円Eの外側の電流に対して感度が急峻に減衰するため干渉を受けにくい。

【0051】

図5は重み付け $K_M$ を付加した第4の例のグラフ(等リプル配置)であるが、磁気センサ2の個数を3個から6個まで変化させている。なお、楕円率は0.4になっている。この図に示すように、磁気センサ2の個数が多いほど理想的なグラフに近づく(「-1」から「1」までの間の感度相対値が「100」に近づき、それ以外の箇所では感度相対値が「0」に近づいている)。

【0052】

図6は磁気センサ2を等間隔に配置した場合と重み付け $K_M$ を付加した場合(等リプル配置)とを比較した第5の例のグラフである。楕円率は0.4であり、磁気センサ2の個数は5個である。同図に示すように、重み付け $K_M$ を付加したグラフの方が理想的なグラフに近づく(「-1」から「1」までの間の感度相対値が「100」に近づき、それ以外の箇所では感度相対値が「0」に近づいている)。従って、前記の式2で示した重み付け $K_M$ を各磁気センサ2に付加したほうが、より高い精度で被測定電流を測定することができる。

10

【0053】

以上において、磁気センサ2を楕円Eに沿って配列することで、地磁気や外部磁気等の影響を受けることがなくなるため、電磁シールドを省略することができるが、電磁シールドを設けるようにしてもよい。電磁シールドは発熱や振動、騒音といった諸問題を生じるが、外部磁気の影響が強いような場合には、電磁シールドを用いてもよい。

20

【0054】

測定対象はバスバー1としているが、バスバー1ではなくプリント基板配線のように極めて薄い導体であり、且つ基板の裏面側に磁気センサを配置することが困難なものが用いられる場合もある。この場合には、楕円Eは長軸で折りたたんで片側に寄せるようにして磁気センサ2を配列することができる。この場合、長軸上の電流が作る磁界は折りたたむ前後で磁気センサ2ごとに同一であるため、長軸上の電流に対する感度は折りたたみによっても変化することはない。

【0055】

また、式2で示すように、磁気センサ2に $K_M$ を重み付けしているが、重み付けする値 $K_M$ を同一にし、且つ磁気センサ2を等間隔に配列するようにしてもよい。重み付けをする場合と比較すると電流測定の精度は落ちるが、ある程度の高い精度の電流測定を行うことができるようになる。

30

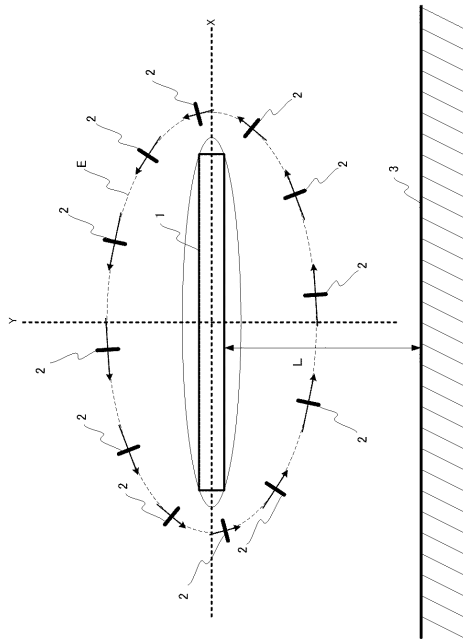
【符号の説明】

【0056】

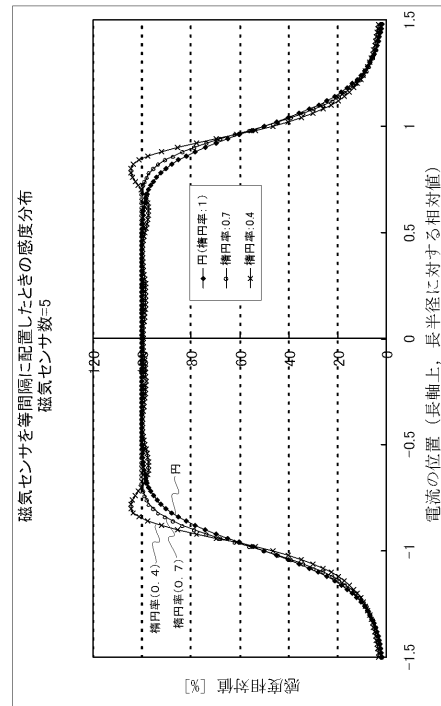
- 1 バスバー
- 2 磁気センサ
- 3 壁



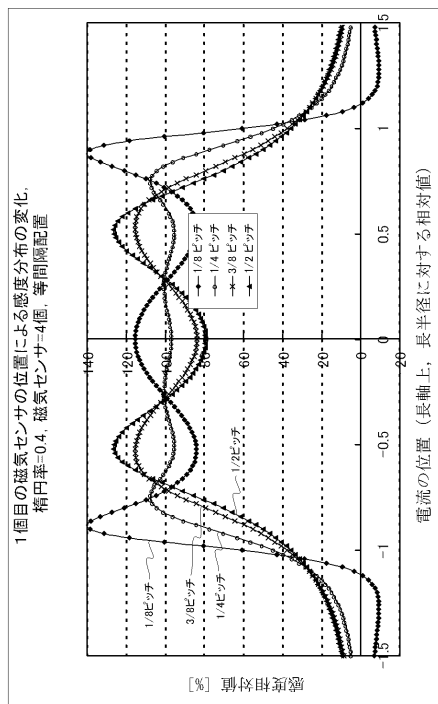
【図1】



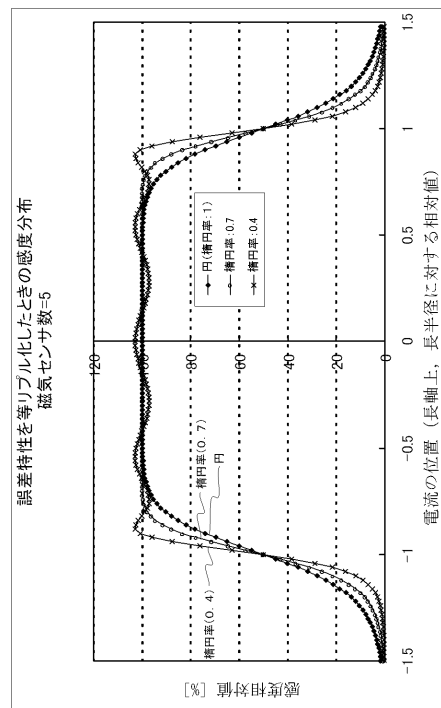
【図2】



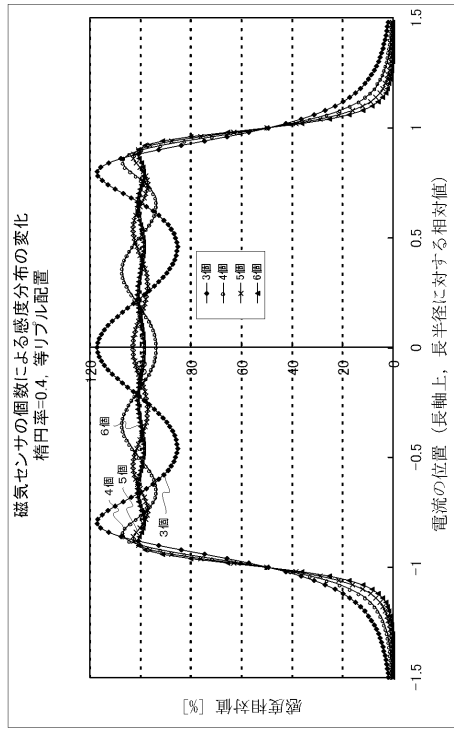
【図3】



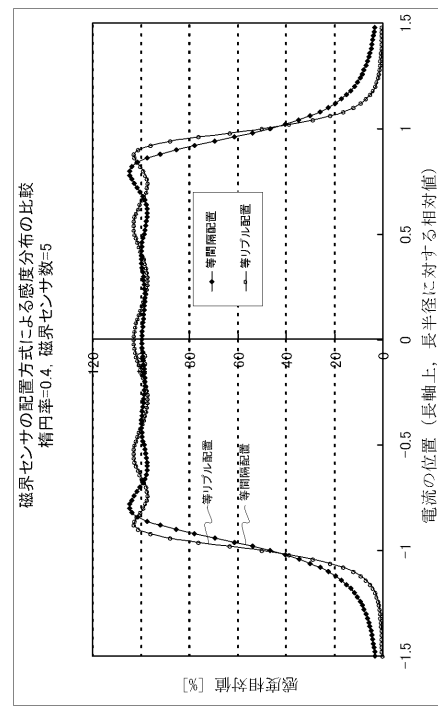
【図4】



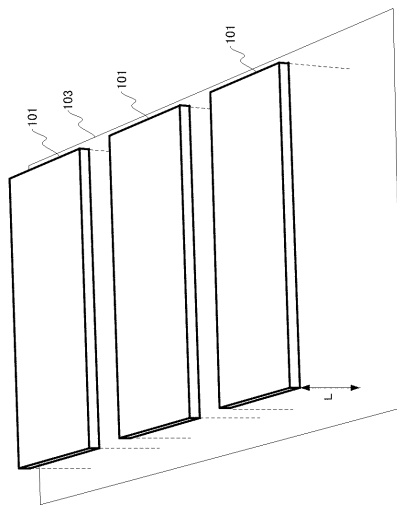
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

