

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6464342号
(P6464342)

(45) 発行日 平成31年2月6日(2019.2.6)

(24) 登録日 平成31年1月18日(2019.1.18)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 R 21/08 (2006.01) GO 1 R 21/08

請求項の数 7 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2014-549805 (P2014-549805)	(73) 特許権者	506122327 公立大学法人大阪市立大学 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号
(86) (22) 出願日	平成25年11月21日(2013.11.21)	(74) 代理人	230104019 弁護士 大野 聖二
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/006856	(74) 代理人	100109841 弁理士 堅田 健史
(87) 国際公開番号	W02014/083812	(74) 代理人	100167933 弁理士 松野 知絃
(87) 国際公開日	平成26年6月5日(2014.6.5)	(74) 代理人	100174137 弁理士 酒谷 誠一
審査請求日	平成28年10月26日(2016.10.26)	(72) 発明者	辻本 浩章 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号 公立大学法人大阪市立大学内 最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	特願2012-260734 (P2012-260734)		
(32) 優先日	平成24年11月29日(2012.11.29)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

(54) 【発明の名称】 電力計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電源と、負荷と、前記電源および前記負荷の間を接続する一対の電線からなる被計測回路で消費される電力を計測する電力計測装置であって、

前記電源に前記負荷と並列に接続するための一対の接続端子と、

磁性膜の両端に素子端子を設けた磁性素子と、前記磁性素子に直列に接続された計測抵抗と、前記磁性素子の電圧変化を検出し所定の成分を出力する検出手段とを有し、前記一対の接続端子を介して前記被計測回路に接続されるセンサ部と、

複数の前記センサ部からなるセンサユニットと、

すべての前記センサ部の前記検出手段の出力を加算する加算手段と、

前記センサ部の前記磁性素子を、一方の前記電線が配置される位置基準となる仮想軸から等距離の位置に、前記仮想軸に対向する向きに固定する固定手段を有し、

前記センサユニットは、2セットの前記センサ部で構成され、

前記固定手段は、前記一方の電線の中心を前記仮想軸上に配置し、他方の前記電線を前記一方の電線と隣接固定した時に、

前記他方の電線の中心から前記一方の電線の表面に向かう接線を含む一対の傾斜面のそれぞれに前記磁性素子を固定することを特徴とする電力計測装置。

【請求項2】

電源と、負荷と、前記電源および前記負荷の間を接続する一対の電線からなる被計測回

10

20

路で消費される電力を計測する電力計測装置であって、

前記電源に前記負荷と並列に接続するための一対の接続端子と、

磁性膜の両端に素子端子を設けた磁性素子と、前記磁性素子に直列に接続された計測抵抗と、前記磁性素子の電圧変化を検出し所定の成分を出力する検出手段とを有し、前記一対の接続端子を介して前記被計測回路に接続されるセンサ部と、

複数の前記センサ部からなるセンサユニットと、

すべての前記センサ部の前記検出手段の出力を加算する加算手段と、

前記センサ部の前記磁性素子を、一方の前記電線が配置される位置基準となる仮想軸から等距離の位置に、前記仮想軸に対向する向きに固定する固定手段を有し、

前記センサユニットは、2セットの前記センサ部で構成され、

前記固定手段は、前記2セットのセンサ部を前記仮想軸に対して軸対称の位置に固定し

、一方の前記センサ部が配置される平面上に、他方の前記電線を配置する平面部が延設されたことを特徴とする電力計測装置。

【請求項3】

電源と、負荷と、前記電源および前記負荷の間を接続する一対の電線からなる被計測回路で消費される電力を計測する電力計測装置であって、

前記電源に前記負荷と並列に接続するための一対の接続端子と、

磁性膜の両端に素子端子を設けた磁性素子と、前記磁性素子に直列に接続された計測抵抗と、前記磁性素子の電圧変化を検出し所定の成分を出力する検出手段とを有し、前記一対の接続端子を介して前記被計測回路に接続されるセンサ部と、

複数の前記センサ部からなるセンサユニットと、

すべての前記センサ部の前記検出手段の出力を加算する加算手段と、

前記センサ部の前記磁性素子を、一方の前記電線が配置される位置基準となる仮想軸から等距離の位置に、前記仮想軸に対向する向きに固定する固定手段を有し、

前記固定手段は、前記センサ部の前記磁性素子を前記仮想軸に対して軸対称の位置に固定し、

さらに、前記仮想軸から前記磁性素子までの距離と同じ距離であって、前記磁性素子間の位置に磁性体を固定し、

前記磁性体は、硬磁性体であることを特徴とする電力計測装置。

【請求項4】

前記センサ部は、

前記磁性素子の前記計測抵抗に接続していない側の前記素子端子を一方の前記接続端子に接続し、

前記計測抵抗の前記磁性素子に接続していない側の端子を他方の前記接続端子に接続し

、前記素子端子間を計測端子としたことを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載された電力計測装置。

【請求項5】

前記センサ部は、

前記磁性素子の前記計測抵抗に接続していない前記素子端子と第2の磁性素子の一方の素子端子を接続し、

前記第2の磁性素子の他方端を一方の前記接続端子に接続し、

前記計測抵抗の前記磁性素子に接続していない側の端子を他方の前記接続端子に接続し、さらに前記第2の磁性素子の前記一方の素子端子を接地したことを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載された電力計測装置。

【請求項6】

前記センサ部は、

10

20

30

40

50

前記磁性素子の前記計測抵抗に接続していない側の前記素子端子を一方の前記接続端子に接続し、

前記計測抵抗の前記磁性素子に接続していない側の端子を他方の前記接続端子に接続し、

前記一方の接続端子に一方端を接続した疑似抵抗と、前記疑似抵抗の他方端に一方端が接続され、他方端が前記他方の接続端子に接続された疑似計測抵抗とを有し、

前記磁性素子と前記計測抵抗の接続点と、前記疑似抵抗と前記疑似計測抵抗の接続点を計測端子としたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載された電力計測装置。

【請求項 7】

前記加算手段の結果を表示する表示手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れかに記載された電力計測装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高周波回路や電池で消費する電力を簡易でかつ小さな構成で測定することが可能な種々の薄膜センサ型の電力計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、インターネット等を利用する環境が整ってきた中で、電力の遠隔検針を含めた計測システムの開発が進められている。従来から電力の計測においては、使用した電力量を円盤の回転数に変換し積算演算を行うという積算電力量計が使用されている。最近ではこの積算電力量計に、回転を検出するセンサや電流計（CT）、電圧計（PT）を新たに付加し、電子回路やマイクロプロセッサによる乗算計算を行うことで電力を計測している。

20

【0003】

しかしながら、積算電力量計は、装置構成が複雑であり、装置が大型化する。さらに、積算電力量計は、電力が機械的に出力されるためデジタル管理できないといった課題があった。また、使用した電力を円盤の回転に変換するため、ロスが生じ、余分なエネルギーを消費しかねない。

30

【0004】

そこで、消費電力をそのまま電気量として測定することができるとともに、小型化および集積化の可能な電力計の開発が望まれている。

【0005】

小型化および集積化の可能な電力計としては、例えば、磁性薄膜の磁気抵抗効果を利用し、消費電力を電気量のまま測定することの可能な電力計測装置や磁界センサが提案されている（非特許文献 1、2）。これは、交流が流れる一次導体に対し、平行に置かれた（基板上に構成された）磁性薄膜を用い、この磁性薄膜の両端に抵抗を介して一次電圧が印加され、磁性薄膜の両端から出力を取り出すようにした電力計測装置や磁界センサである。この電力計測装置等では、2倍周波数成分の振幅値から電力 $I V$ を取り出す方式を採用するものである。

40

【0006】

この電力計測装置等では、磁性薄膜からなる強磁性体内において、電流と磁化のなす角度によりその磁性体の電気抵抗値が変わる現象であるプレナーホール効果（Planar Hall Effect（PHE））を利用し、バイアス磁界なしで線形特性を得ることができる点に着目し、電力に比例する信号成分を取り出すようにしている（この電力計測装置を「プレナーホール型電力計測装置」または「PHE型電力計測装置」と称する）。

【0007】

なお、ここで用いられる磁界センサは、外部磁界の変化を電気信号に変換する素子であ

50

り、強磁性薄膜や半導体薄膜等の磁性薄膜をパターンングし、その磁性薄膜のパターンに電流を流し電圧変化として外部磁界の変化を電気信号に変換するものである。

【0008】

しかしながら、PHE型電力計測装置では、磁性薄膜から検出する電圧出力を一次導体の負荷電流に直交する方向にとらなければならない。すなわち、磁性薄膜の幅方向の両端で電圧を出力させなければならない。したがって、PHE型電力計測装置では、磁性薄膜がある程度の幅太である必要があり、幅細形状（ここでは例えば直線形状・長方形の長手方向に細い形状を意味する）の磁性薄膜を使用することはできない。

【0009】

また、PHE型電力計測装置では磁性薄膜をブリッジ回路構成で構成しなければならないという形状的な制限も存在する。これらのことはPHE型電力計測装置では、高周波回路で用いられるマイクロストリップ線路やコプレーナ線路等の特殊な線路上に設置することが困難であることを意味する。

10

【0010】

この他に高周波用の電力測定装置としてはボロメータ計測器や精密計測器も存在するが、それらは複雑大型な構成で、かつ非常に高価なものであり、各デバイスや各施設ごとの電力測定・検出に耐え得るものではない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

20

【特許文献1】特開平10-232259号公報

【非特許文献】

【0012】

【非特許文献1】磁性膜を用いた薄膜電力計（電気学会マグネティックス研究会資料VOL. MAG-05 No. 182）

【非特許文献2】磁性膜を用いた薄膜電力計（電気学会マグネティックス研究会資料VOL. MAG-05 No. 192）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

30

磁性薄膜を用いた電力計は、電流が流れる導線と磁性薄膜の位置関係が重要となる。磁性薄膜と導線間の関係を開示したのものとして、特許文献1の漏電検出装置は、簡便であり、またある程度の小型化も可能である。しかし、リング状の磁性体を使用するため、必然的にその小型化は制限される。また、電源からの電線Aおよび電線Bをリングの孔に通わせる必要があるため、電線が太くなった場合は、リング状の磁性体自体が大きくなる。また、すでに配置されている電線に対してリング状の磁性体を配置するのは、容易ではない。たとえば、クランプ型電流計のように、リング状磁性体の一部を開放できるようにし、開放部分から電線を孔の中に入れ、再びリング状磁性体が磁束の閉路を形成するように戻すといった手間が必要であった。

【0014】

40

また、小型化のために回路基板自体が集積化される中で、電源からの電源ラインパターンを2線共同時に磁性体で困わないとならないので、後からの取付は極めて困難である。磁性薄膜を用いた電力計には、すでに設置された状態の配線に後からでも取付が可能であって、配線のどこに設置しても、配線と磁性薄膜との位置関係を確定できることが必要である。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明は上記のような課題に鑑み想到されたものであり、すでに配線された回路であっても、後から容易に設置しやすく、また、小型化も可能である電力計測装置である。

【0016】

50

より具体的に本発明の電力計測装置は、電源と、負荷と、前記電源および前記負荷の間を接続する一対の電線からなる被計測回路で消費される電力を計測する電力計測装置であって、

前記電源に前記負荷と並列に接続するための一対の接続端子と、
 磁性膜の両端に素子端子を設けた磁性素子と、前記磁性素子に直列に接続された計測抵抗と、前記磁性素子の電圧変化を検出し所定の成分を出力する検出手段とを有し、前記一対の接続端子を介して前記被計測回路に接続されるセンサ部と、
 複数の前記センサ部からなるセンサユニットと、
 すべての前記センサ部の前記検出手段の出力を加算する加算手段と、
 前記センサ部の前記磁性素子を、一方の前記電線が配置される位置基準となる仮想軸から等距離の位置に、前記仮想軸に対向する向きに固定する固定手段を有することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0017】

本発明に係る電力計測装置は、磁性薄膜を用いるセンサ部を有するため、センサ部は薄く作製することができる。そのため、すでに完成している被計測回路にも、後から配設することが可能である。また、センサ部分で被計測対象となる導線を挟持する構造をとるため、センサ位置と導線の位置関係を十分な計測精度で確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

20

【図1】本発明に用いる磁性素子の構成を示す図である。

【図2】磁性素子の動作を説明する図である。

【図3】ストライプ形状の導体パターンを施した磁性素子（バーバーポール型）を示す図である。

【図4】磁性素子を用いた電力計測装置の構成を示す図である。

【図5】本発明に係る電力計測装置の外観を例示する斜視図である。

【図6】磁性素子と電線の配置関係を示す図である。

【図7】磁性素子が1つの場合と、磁性素子が2つの場合における計測誤差を示すグラフである。

【図8】磁性素子と電線の配置関係（X座標とY座標も）を示す図である。

30

【図9】電線がX方向にずれた時の電力計測結果に及ぶ影響を示すグラフである。

【図10】実施の形態1に係る電力計測装置の結線図を示す図である。

【図11】フレームの他の形状を例示する図である。

【図12】フレームの他の形状を例示する図である。

【図13】フレームの他の形状を例示する図である。

【図14】フレームの他の形状を例示する図である。

【図15】実施の形態2に係るフレームによる磁性素子の配置関係を示す模式図である。

【図16】磁性素子を3つ使用した場合の電力計測値の変動を示すグラフである。

【図17】磁性素子を2つ使用した場合の電力計測値の変動を示すグラフである。

【図18】磁性素子を4つ使用した場合の磁性素子の配置関係を示す模式図である。

40

【図19】磁性素子を4つ使用した場合の電力計測値の変動を示すグラフである。

【図20】仮想軸17から電線93aのずれと電力計測の最大誤差の関係を示すグラフである。

【図21】磁性素子の個数と最大誤差の関係を示すグラフである。

【図22】磁性素子の間に永久磁石若しくは高透磁率材料を配置したフレーム10fの模式図である。

【図23】センサ部30の他の構成を例示する図である。

【図24】センサ部30の他の構成を例示する図である。

【図25】センサ部30の他の構成を例示する図である。

【発明を実施するための形態】

50

【0019】

以下本発明に係る電力計測装置について図を参照しながら説明する。なお、以下の説明は本発明の一実施形態を例示するのであり、以下の実施形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて、以下の実施形態は変更することができる。

【0020】

(実施の形態1)

まず、本発明に使用する磁性素子14について簡単に説明する。図1を参照して、磁性素子14は、基板141上に磁性膜142を形成し、その両端に素子端子(電極)143、144が形成されている。形状は短冊状で、素子端子143、144が形成された方向を長手方向と呼ぶ。磁性膜142は好ましくは長手方向に磁化容易軸EAが誘導されているのが好ましい。

10

【0021】

この磁性素子14に、検出器電源21から電流 I_2 を流す。電流 I_2 は磁性膜142中を長手方向に流れる。この時、長手方向に直角な方向から外部磁界Hが印加されると、磁性膜142の電気抵抗が変化する。これを磁気抵抗効果と呼ぶ。磁気抵抗効果は、磁性膜142中を流れる電流 I_2 と磁性膜142中の磁化の方向が変化することで生じると考えられる。なお、ここで「外部磁界H」とは、磁性膜142の外側から印加される磁界という意味である。

【0022】

図2(a)には、図1の磁性素子14の平面図を示し、図2(b)には、磁性素子14に印加される外部磁界Hと磁性膜142の抵抗値 $R_{m,r}$ の関係を示す。横軸は磁性膜142に印加される外部磁界Hで、縦軸は磁性膜142の抵抗値()である。磁気抵抗効果は、電流 I_2 と磁化Mの方向がずれることで生じると考えられるので、印加される外部磁界Hに対しては偶関数の特性を有する。

20

【0023】

しかし、外部磁界Hがゼロの状態から外部磁界Hを印加すると、外部磁界Hの方向を抵抗値の変化として識別できない。そこで、長手方向に対して直角方向にバイアス磁界H bias をかける。このバイアス磁界H bias によって動作点が移動し、外部磁界Hの方向によって、抵抗値 $R_{m,r}$ が増減する。図2(b)では、動作点の抵抗値 $R_{m,0}$ の時に、外部磁界Hが印加され、その結果 $+R_{m,r}$ の抵抗変化が生じたことを示している。なお、符号MRCは、磁気抵抗効果を示す曲線である。

30

【0024】

このバイアス磁界H bias は、永久磁石149によって容易に付与することができる。もちろん、電磁石であってもよい。このように磁性素子14に対してバイアス磁界H bias を付与するものをバイアス手段145と呼ぶ。このバイアス手段145は直接磁界を発生するものでなくてもよい。

【0025】

図3には、磁性膜142上に良導電物質で形成した導体148を帯状のストライプ構造に形成したものを示す。ストライプ構造とは、導体148を帯状にし、且つ磁性膜142の長手方向に対して傾斜して形成した構造をいう。なお、導体148間は平行かつ等距離に形成しておくのが望ましい。このような構造では、帯状の導体148間を最短距離で電流 I_2 が流れる。そして、磁性膜142には磁化容易軸EAを磁性素子14の長手方向に誘導しておく。すると、外部磁界Hがゼロの状態でも磁化Mと電流 I_2 の方向が異なる。すなわち、磁気抵抗効果に関する限り、バイアス磁界が印加されたと同じ状況を得ることができる。

40

【0026】

このような構造の磁性素子14に紙面上から下方向に外部磁界H(白矢印H)が印加されたとする。外部磁界Hがない状態の磁化M(黒色矢印)は電流 I_2 と違う角度を向いていたが、外部磁界Hによって電流 I_2 と同じ方向に回転する(白矢印)。電流 I_2 に対する磁化Mの動きは、図2で説明した磁化Mの動きと同じであり、図3の磁性素子14の抵

50

抗値は、図 2 (b) に示すように抵抗値が変化する。

【 0 0 2 7 】

本明細書では、このように、実際に磁界を発生してなくても、実質的にバイアス磁界 H_{bias} が印加されたと同じ効果を示すものをバイアス手段 1 4 5 に含める。図 3 のような導体 1 4 8 と磁化容易軸 E A の組み合わせもバイアス手段 1 4 5 と言ってよい。図 3 のような構造の磁性素子 1 4 をバーバーポール型と呼ぶ。また、他の例として、磁性膜 1 4 2 の磁化容易軸 E A を長手方向から傾けて誘導しておいてもよい。この場合も予め電流が流れる方向 (長手方向) と磁化の向きが傾いているからである。

【 0 0 2 8 】

図 4 には、バーバーポール型の磁性素子 1 4 を用いた電力計測の原理を示す。磁性素子 1 4 と計測抵抗 2 2 を直列にし、被計測回路 9 0 の電源 9 1 に連結されている負荷 9 2 と並列にこれを連結する。連結する点は、接続端子 1 2 a、1 2 b である。そして、磁性素子 1 4 は、電源 9 1 と負荷 9 2 の間を接続している電線 9 3 a に平行に隣接配置させる。ここで平行とは、電線 9 3 a の周囲に形成される同軸状の磁界に、磁性素子 1 4 の面内方向が平行になることである。また、計測抵抗 2 2 は、磁性素子 1 4 の抵抗値 R_{m_r} に対して十分に大きいとしておく。また、電線 9 3 a の抵抗は十分に小さい。

【 0 0 2 9 】

まず、電源 9 1 が直流の場合、電線 9 3 a、9 3 b に流れる電流を I_1 とすると、磁性素子 1 4 に印加される外部磁界 H は、比例定数を K_1 とし、(1) 式のように表される。

$$H = K_1 I_1 \cdots (1)$$

【 0 0 3 0 】

図 2 (b) にも示すように、磁性素子 1 4 の電気抵抗の変化 R_{m_r} は、外部からの印加磁界 H に比例するので、比例定数を K_2 とし、(1) 式を考慮すると、(2) 式のように表される。

$$R_{m_r} = K_2 H = K_2 (K_1 I_1) \cdots (2)$$

【 0 0 3 1 】

磁性膜 1 4 2 に外部磁界 H が印加されていない時 (動作点) の電気抵抗を R_{m_0} とすると、外部磁界 H が印加された時の磁性素子 1 4 全体の電気抵抗 R_m は、(3) 式のように表される。

$$R_m = R_{m_0} + R_{m_r} = R_{m_0} + K_2 K_1 I_1 \cdots (3)$$

【 0 0 3 2 】

つまり、電流 I_1 が流れる電線 9 3 a に近接配置された磁性膜 1 4 2 は、(3) 式のような電気抵抗特性を有する。この磁性素子 1 4 の素子端子 1 4 3、1 4 4 間に電流 I_2 が流れると、素子端子 1 4 3、1 4 4 間の電圧 V_{m_r} は (4) 式のように表される。

$$V_{m_r} = R_m I_2 = (R_{m_0} + R_{m_r}) I_2 = (R_{m_0} + K_2 K_1 I_1) I_2 \cdots (4)$$

【 0 0 3 3 】

次に電源 9 1 を直流としているので電圧 V_{in} を V_1 とすれば、(5) 式のように表される。そして、電線 9 3 a、9 3 b の抵抗は十分に小さく、また、磁性素子 1 4 の抵抗 R_m も計測抵抗 2 2 (値は R_2) よりも十分小さいとする。負荷 9 2 の抵抗を R_1 とすると、電線 9 3 a を流れる電流 I_1 と、磁性素子 1 4 を流れる電流 I_2 は、それぞれ (6) 式、(7) 式ようになる。

【 0 0 3 4 】

そこで、磁性素子 1 4 の素子端子 1 4 3、1 4 4 間の電圧 V_{m_r} は (8) 式のように表される。なお (8) 式の式変形の途中で $R_{m_0} \ll R_2$ の関係を使った。また K_1 は比例定数である。(8) 式の結果より、磁性素子 1 4 の素子端子 1 4 3、1 4 4 間では、負荷 9 2 で消費される電力 $I_1 V_1$ に比例した電圧と、計測抵抗 2 2 (R_2) と磁性素子 1 4 の動作点での電気抵抗 R_{m_0} が決まると一意に決まるバイアス電圧の和を得ることができる。

【 0 0 3 5 】

10

20

30

40

50

【数 1】

$$V_{in} = V_1 \quad \dots (5)$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \quad \dots (6)$$

$$I_2 = \frac{V_1}{R_2} \quad \dots (7)$$

$$\begin{aligned} V_{mr} &= (R_{m0} + \alpha \beta I_1) I_2 \\ &= \left(R_{m0} + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \right) \frac{V_1}{R_2} \\ &= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \\ &\cong K_1 I_1 V_1 \quad \dots (8) \end{aligned}$$

10

【0036】

このような関係は、電源 9 1 が交流であっても成立する。電源 9 1 が交流で、負荷 9 2 がリアクタンスの場合について次に説明する。(1)式から(4)式の関係は上記の説明通りである。電源 9 1 が交流になるので、電圧 V_{in} は、振幅 V_1 、角周波数 ω とすると、(9)式のように表される。また、被計測回路 9 0 で負荷 9 2 がリアクタンスなので、負荷 9 2 を流れる電流 I_1 は、電源 9 1 (電圧 V_{in}) とは位相のズレが生じる。この位相のズレを ϕ とする。一方、磁性素子 1 4 は、通常の抵抗なので電源 9 1 (電圧 V_{in}) と同位相である。したがって、電流 I_1 および I_2 は、(10)式、(11)式のように表される。

20

【0037】

そこで、(4)式に(10)式および(11)式を代入すると(12)式のように変形される。

30

【0038】

【数2】

$$V_{in} = V_1 \sin \omega t \quad \dots (9)$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \quad \dots (10)$$

$$I_2 = \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t \quad \dots (11)$$

$$V_{mr} = (R_{m0} + \alpha \beta I_1) I_2$$

$$= \left(R_{m0} + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \right) \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t$$

$$= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t$$

$$= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \{ \cos \theta - \cos(2\omega t - \theta) \}$$

$$= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t - \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos(2\omega t - \theta) + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos \theta$$

$$= \text{AC component} + K_2 I_1 V_1 \cos \theta$$

$$\dots (12)$$

10

20

【0039】

(12)式を見ると、最終項は、負荷92で消費する有効電力が直流成分として表れているのがわかる。すなわち、素子端子143、144間の出力を、ローパスフィルタを通過させて得た直流電圧は、負荷92で消費する有効電力に比例した電圧である。以上のように磁性素子14を使って、電源ラインである電線93に流れる電流だけでなく、接続の方法によって電源91に接続している負荷92での消費電力も計測することができる。

30

【0040】

このように図4の構成においては、電源91が直流であろうと、交流であろうと、電源91に接続された負荷92で消費される電力を電圧として取り出すことができる。磁性素子14の素子端子143、144間の電圧を検出し、直流のバイアス成分や交流成分を除き、負荷92の消費電力に比例する電圧を検出する手段を検出手段27と呼ぶ。検出手段27は、差動アンプ25と後処理手段26で構成される。

【0041】

後処理手段26は、差動アンプ25の出力に交流や直流バイアス電圧が重畳されている際に、それらを除く手段である。具体的には、交流が重畳されている場合は、ローパスフィルタであり、直流バイアス電圧が重畳されている場合は、絶対値が同電圧で極性が反対の電圧を付与する手段で、定電圧電源や電池等で実現できる。

40

【0042】

また、被計測回路90の電線93aが発生する磁界から負荷92で消費する電力に比例した電圧を取り出す部分をセンサ部30とよぶ。また、センサ部30は、差動アンプ25及び後処理手段26を含んでもよい。図4では、センサ部30は、磁性素子14、計測抵抗22、差動アンプ25および後処理手段26で構成される。

【0043】

再び図4を参照して、磁性素子14による電気抵抗の変化は、印加された外部磁界Hに依存する。印加される外部磁界Hとは、被計測回路90における電線93aに流れる電流

50

が電線 93 a の外部に作る磁界である。つまり、電力を測定する電線 93 a と磁性素子 14 の配置が、電力計測の精度を決める。しかし、磁性素子 14 は薄く、小型に形成されるため、電線 93 a に磁性素子 14 を正確に取り付けるのは容易ではない。

【0044】

図 5 には、電力の計測結果が、磁性素子 14 の電線 93 a への取付精度に、大きく影響を受けない電力計測装置 1 を示す。被計測回路 90 は、電源 91 と電線 93 a と負荷 92 と電線 93 b で構成される。なお、電線 93 a は一部シールド 94 と導線 93 c を拡大して記載し、その他の部分ではシールド 94 を省略し、導線 93 c は線で表した。

【0045】

電力計測装置 1 は、電線 93 a に配設されるセンサユニット 10 と、被計測回路 90 との接続を図る接続端子 12 a、12 b を含む。センサユニット 10 は、複数のセンサ部 30 からなり、図 5 では、2 セットのセンサ部 30 a、30 b から構成されている。また、差動アンプ 25 や結線といった回路部分は筐体 50 に収納される。接続端子 12 a、12 b も筐体 50 内につながる。

【0046】

筐体 50 からは、断面コの字上に形成されたフレーム 52 と、開口面の少なくとも一部を閉じるストッパ 53 からなるホルダー 51 が結線によって繋がれている。そして、センサ部 30 a、30 b の磁性素子 14 a、14 b が、フレーム 52 の対向する壁の内壁面に配設されている。ここで、磁性素子 14 a と磁性素子 14 b が、軸対称の位置関係となるような仮想軸 17 を想定することができる。言い換えると、仮想軸 17 から等距離の位置に、仮想軸 17 と対向するように磁性素子 14 a と磁性素子 14 b は配置される。また、仮想軸 17 から等距離の位置で仮想軸 17 を取り囲むといってもよい。

【0047】

この意味で、フレーム 52 は、磁性素子 14 a および磁性素子 14 b を仮想軸から等距離の位置に固定する固定手段である。またフレーム 52 は、磁性素子 14 a と磁性素子 14 b を仮想軸 17 に対向する向きにも固定している。そして、このフレーム 52 内の仮想軸に電線 93 a の中心が重なるように配置すると、電線 93 a の中心から等距離の位置に磁性素子 14 a、14 b は配置されることになる。

【0048】

電線 93 a は、中心が磁性素子 14 a と磁性素子 14 b の間の仮想軸 17 に重なるように配置するのが望ましい。それぞれの磁性素子 14 a、14 b に同じ磁界を印加できるからである。しかし、異物が挟まったり、ホルダー 51 を電線 93 a に取付ける際に、磁性素子 14 a、14 b との間でスペースを生じるなど、電線 93 a の中心が、仮想軸 17 に重なるように配置されない場合がある。

【0049】

このように、磁性素子 14 と電線 93 a との位置関係が、想定していた位置関係でなくなると、計測する消費電力に誤差が生じることになる。消費電力は、電線 93 a が発生する磁界の変化を磁性素子 14 で検出することによって求められるからである。

【0050】

ところが、電線 93 a の周囲に複数個の磁性素子 14 を配置する構造にすると、磁性素子 14 a と磁性素子 14 b に対する電線 93 a の位置による電力の計測結果への影響を小さくすることができる。以下にこの原理を説明する。

【0051】

図 6 (a) には、磁性素子 14 a および磁性素子 14 b と、仮想軸 17 と、仮想軸 17 に重ねて配置しようとした電線 93 a の断面状態を示す。電線 93 a を配置したホルダー 51 の断面と言ってもよい。なお、磁性素子 14 a を磁性素子 A と呼び、磁性素子 14 b を磁性素子 B と呼べることとし、磁界、抵抗、電圧などを「A」、「B」で区別する。

【0052】

磁性素子 14 a と磁性素子 14 b の間隔を $2r$ とし、電線 93 a の仮想軸 17 からのずれを r とする。つまり、電線 93 a を仮想軸 17 に重ねて配置しようとしたが、 r だ

10

20

30

40

50

けずれた場合を示す。結果、電線 9 3 a は磁性素子 1 4 a からは $r + r$ だけ離れており、磁性素子 1 4 b からは $r - r$ だけ離れている。

【 0 0 5 3 】

この時、磁性素子 1 4 a および磁性素子 1 4 b に形成される磁界 H_A 、磁界 H_B は、アンペア周回積分の法則より、(1 3) 式、(1 4) 式のように表される。それぞれの磁性素子 1 4 a、1 4 b の電気抵抗の変化 R_{mrA} および R_{mrB} は、外部からの印加磁界 H に比例するので、比例定数を β とし、(1 3) 式、(1 4) 式を考慮すると、(1 5) 式および(1 6) 式のように表される。なお、 R_{mrA} は、磁性素子 1 4 a の抵抗変化であり、 R_{mrB} は、磁性素子 1 4 b の抵抗変化を表す。

【 0 0 5 4 】

また、磁性素子 1 4 a および磁性素子 1 4 b に同じだけの電流 I_2 を流すとすると、この抵抗変化分に相当する電圧 V_{mrA} と電圧 V_{mrB} は、(1 7) 式および(1 8) 式のように表される。なお、 V_{mrA} は、磁性素子 1 4 a の電圧変化であり、 V_{mrB} は、磁性素子 1 4 b の電圧変化を表す。

【 0 0 5 5 】

【 数 3 】

$$H_A = \frac{I_1}{2\pi(r+\Delta r)} \cdots (13)$$

$$H_B = \frac{I_1}{2\pi(r-\Delta r)} \cdots (14)$$

$$\Delta R_{mrA} = \beta H_A = \frac{\beta I_1}{2\pi(r+\Delta r)} \cdots (15)$$

$$\Delta R_{mrB} = \beta H_B = \frac{\beta I_1}{2\pi(r-\Delta r)} \cdots (16)$$

$$\Delta V_{mrA} = \Delta R_{mrA} \cdot I_2 = \frac{\beta I_1 I_2}{2\pi(r+\Delta r)} \cdots (17)$$

$$\Delta V_{mrB} = \Delta R_{mrB} \cdot I_2 = \frac{\beta I_1 I_2}{2\pi(r-\Delta r)} \cdots (18)$$

【 0 0 5 6 】

ここで電圧 V_{mrA} と電圧 V_{mrB} の加算を求めると(1 9) 式のようになる。

【 0 0 5 7 】

10

20

30

【数 4】

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{mrA} + \Delta V_{mrB} &= \frac{I_1}{2\pi} \left(\frac{1}{r + \Delta r} + \frac{1}{r - \Delta r} \right) \beta I_2 \\
 &= \frac{I_1}{2\pi} \frac{r + \Delta r + r - \Delta r}{(r + \Delta r)(r - \Delta r)} \beta I_2 \\
 &= \frac{I_1}{2\pi} \frac{2r}{r^2 - (\Delta r)^2} \beta I_2 \\
 &= \frac{I_1}{2\pi} * \frac{2r}{r^2 \left(1 - \left(\frac{\Delta r}{r} \right)^2 \right)} * \beta I_2 \\
 &= 2 * \frac{1}{2\pi} * \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{\Delta r}{r} \right)^2 \right)} * \beta I_1 I_2 \quad \dots (19)
 \end{aligned}$$

10

【0058】

(19)式によれば、 $r / r = 0.1$ (10%) の場合には、磁性素子 14 a、14 b の出力電圧を加算したものの出力比は 1.01、変動率は 0.01 (%) 程度となり、
 20 取付位置の変動 (誤差) による電圧変化の変動 (誤差) を極めて小さくできる。

【0059】

図 7 には、磁性素子 14 a、磁性素子 14 b の仮想軸 17 に電線 93 a を配置しようとした場合と、電線 93 a に対して磁性素子 14 a だけを配置した場合の設置誤差と計測誤差の関係を求めたグラフを示す。横軸は設置誤差 (r / r) であり、縦軸は計測誤差 ($|1 - 1 / (1 + r / r)|$) を表す。つまり縦軸は (19) 式の分数部分の絶対値である。なお、磁性素子 14 a だけを配置した場合とは、(19) 式における電圧 V_{mrA} だけを求めたものである。具体的な構成は図 6 (b) の構成である。

【0060】

図 7 を見ると、磁性素子 14 a だけの場合より磁性素子 14 a、14 b の仮想軸 17 に
 30 電線 93 a を重ねて配置する構成の方が、設置誤差に係る計測誤差が低く抑えられていることがわかる。

【0061】

さて、これまでは、電線 93 a の磁性素子 14 a と磁性素子 14 b の間の距離方向の位置のずれを検討した。次に磁性素子 14 a と磁性素子 14 b の幅方向の位置のずれを検討する。

【0062】

図 8 には、図 6 (a) と同じ電線 93 a と磁性素子 14 a と磁性素子 14 b の断面図を示す。図 8 では、磁性素子 14 a と磁性素子 14 b の距離方向での磁性素子幅中心に沿った方向を Y 軸とし、Y 軸の直角方向で、磁性素子 14 a と磁性素子 14 b の幅方向を X 軸とする。このように座標軸を想定すると原点は、仮想軸 17 である。
 40

【0063】

なお、X 軸は磁性素子 14 a と磁性素子 14 b からちょうど距離 r だけ離れた点の集合でもある。電線 93 a の存在する位置を、この座標中で座標 (x, y) とし、電線 93 a の位置が変動したときの磁性素子 14 a、14 b の中心点 (それぞれ点 a、点 b) における磁界を計算した。磁性素子 14 a、14 b の幅を $2w$ とした。

【0064】

図 9 に、その計算結果を示す。磁性素子 14 a、14 b 間は 4 mm ($r = 2$ mm) とした。図中の (白丸) は電線 93 a (電流) を $y = 0$ の直線上 (X 軸) を左右に移動させた場合、(白四角) は $y = 0.2$ mm、(白三角) は $y = -0.2$ mm の直線上を左
 50

右に移動させた場合の点 a での X 軸方向の磁界の大きさ (H_{para}) を示している。また (白逆三角形) は $y = 0.2 \text{ mm}$ と $y = -0.2 \text{ mm}$ を平均したものである。

【0065】

X 軸上の変化量 (移動量) は中心 (仮想軸 17) から磁性素子 14 a、14 b までの距離 $r = 2 \text{ mm}$ と上述の上下の変動幅 0% ~ 20% を考慮し、その $\pm 20\%$ ($\pm 0.4 \text{ mm}$) とした。図 9 中の y 軸値は、電線 93 a (電流) が ($x = 0, y = 0$)、($x = 0, y = 0.2$)、($x = 0, y = -0.2$) での磁界 $H_0 (y = 0)$ 、 $H_0 (y = 0.2)$ 、 $H_0 (y = -0.2)$ での規格値 (H_{para} / H_0) である。図 9 では、横軸は X 軸を表し、縦軸は X 軸方向の磁界を規格値 (H_{para} / H_0) で表した。

10

【0066】

図 9 より、X 軸方向の 10% ($\pm 0.2 \text{ mm}$) の変動に対して X 軸方向の外部磁界は 1% 程度の減少、X 軸方向の 20% ($\pm 0.4 \text{ mm}$) の変動に対して X 軸方向の外部磁界は 4% 程度の減少が見られる。しかし、電線 93 a (電流) が磁性素子 14 a と磁性素子 14 b の中心 (仮想軸 17) 付近 ($x = 0, y = 0$) を左右に移動 (設置誤差、または振動) しても磁性素子 14 a、14 b 間の中心付近の磁界の大きさはそれほど大きく変動していない様子が分かる。

【0067】

以上から磁性素子 14 a、14 b を仮想軸 17 に対して軸対称の位置に配置し、仮想軸 17 に被計測回路 90 の電線 93 a を重ねるように配置し、それぞれの磁性素子 14 a、14 b による電圧変化を加算することで、磁性素子 14 と電線 93 a の位置的な誤差が電力計測値に及ぼす影響を小さくすることができる。つまり、電線 93 a を磁性素子 14 a と磁性素子 14 b で挟持することで、電力計測に係る誤差を小さくすることができる。

20

【0068】

なお、上記のように磁性素子 14 a と磁性素子 14 b からの出力は、同じ特性の出力を加算する必要がある。したがって、電線 93 a を挟持した際に、磁性素子 14 a と磁性素子 14 b のバイアス手段 (それぞれ 145 a および 145 b とする。ただし図示せず。) は、電線 93 a の作る外部磁界 H に対して、同じ方向に作用するように形成しておく必要がある。

【0069】

図 10 には図 5 に示した電力計測装置 1 の各部の具体的な結線関係を示す。基本的には、図 4 で示した電力計測装置の磁性素子 14 を 2 セット並列に設け、それぞれの出力を加算手段によって加算する構成である。

30

【0070】

まず、電力計測装置 1 は、第 1 センサ部 30 a と第 2 センサ部 30 b と加算手段 28 を含む。また加算手段 28 の出力を表示する表示手段 35 が付加されてもよい。第 1 および第 2 のセンサ部 30 a、30 b は、それぞれ磁性素子 14 a と計測抵抗 22 a と差動アンプ 25 a と後処理手段 26 a、および磁性素子 14 b と計測抵抗 22 b と差動アンプ 25 b と後処理手段 26 b で構成される。センサ部 30 a とセンサ部 30 b によってセンサユニット 10 が構成される。

40

【0071】

図 5 を参照すると、少なくともセンサ部 30 a およびセンサ部 30 b の磁性素子 14 a と磁性素子 14 b は、断面コの字型のフレーム 52 の対向する内壁に配置される。計測抵抗 22 a、22 b は、フレーム 52 内に配置されていてもよい。

【0072】

再度図 10 を参照して、磁性素子 14 a および磁性素子 14 b の素子端子 143 a、144 a と 143 b、144 b をそれぞれ計測端子 23 a、24 a と 23 b、24 b として電圧が取り出される。それぞれの計測端子 23 a、24 a と 23 b、24 b の出力は、差動アンプ 25 a、25 b で増幅され、後処理手段 26 a、26 b によって、消費電力に比例した電圧になる。差動アンプ 25 a、25 b と後処理手段 26 a、26 b で、それぞれ

50

検出手段 27 a、27 b が形成される。

【0073】

検出手段 27 a と検出手段 27 b の出力は、加算手段 28 で加算される。加算手段 28 は受け抵抗 R 28 a、R 28 b で検出手段 27 a、27 b の出力を受け、アンプ 28 z で加算する。

【0074】

加算手段 28 の出力は、制御装置 34 に送られ、制御装置 34 に連結された表示手段 35 に表示させることもできる。表示手段 35 については特に制限されるものではなく、二次元画面を有するディスプレイ装置、単に数値を表す液晶やデジタルセグメント、チャート出力（プロッター）などが好適に利用できる。また表示内容も、所定時間内の消費電力や瞬時的な消費電力または所定時刻からの消費積算電力を表示させてもよい。これらの表示項目は、加算手段 28 の出力を受けた制御装置 34 による所定の演算で求められる。

10

【0075】

センサ部 30 a およびセンサ部 30 b の磁性素子 14 a および磁性素子 14 b は、フレーム 52 の対向壁（図 5 参照）に固定される。磁性素子 14 a、14 b には、互いが軸対称の位置関係となる仮想軸 17 が想定され、被計測回路 90 の電線 93 a の中心は、仮想軸 17 に重ねて配置される。さらに、センサ部 30 a およびセンサ部 30 b は、電源 91 に負荷 92 と並列に接続される。

【0076】

したがって、電力計測装置 1 は、そのための接続端子 12 a、12 b を有する。つまり、接続端子 12 a、12 b は、センサ部 30 a、30 b のそれぞれを電源 91 に負荷 92 と並列に接続するための端子である。なお、接続端子 12 a、12 b は、取り外し可能な状態のものであってもよいし、はんだ等で溶着してもよい。

20

【0077】

以上のように電力計測装置 1 は、一对のセンサ部 30 a、30 b の仮想軸 17 の位置に被計測回路 90 の電線 93 a を配置させようとするので（図 5 参照）、磁性素子 14 a、14 b と、電線 93 a との位置関係が多少ずれたとしても、電力計測結果に大きな誤差を生じることがない。

【0078】

図 11 には、磁性素子 14 a、14 b の固定手段であるフレーム 52（ホルダー 51 と言ってもよい。）の他の形態を示す。フレーム 52 は、少なくとも磁性素子 14 a が配置される側を蝶番構造で揺動可能に形成してもよい。このような構成を有することで、電線 93 a に対する磁性素子 14 a、14 b の取付が容易になる。

30

【0079】

（実施の形態 2）

図 12 に本実施の形態に係る電力計測装置 2 に用いるフレーム 56 の断面図を示す。電力計測装置 2 は、固定手段であるフレーム 56 が異なるだけで、その他は実施の形態 1 に係る電力計測装置 1 と同じである。したがって、全体構成の図示は省略する。本実施の形態に係る電力計測装置 2 のフレーム 56 は、被計測回路 90 の電線 93 a だけでなく、電線 93 b と磁性素子 14 a と 14 b の位置関係も固定する。図 12 では、電線 93 a は紙面裏側から紙面表側に向かって電流 I_1 が流れ、電線 93 b は、紙面表側から紙面裏側に向かって電流 I_1 が流れるとする。

40

【0080】

フレーム 56 は、断面コの字の対向する一方の壁が、そのまま延設され、電線 93 b を固定する平面部 56 f を形成する。なお、電線 93 b の位置を固定しやすくするための固定壁 56 w が設けられていてもよい。通常電源 91 から負荷 92 に延びる電線 93 a、93 b は、一对のペアになっていることが多い。このような場合、電力を計測するために用いる電線 93 a に取り付けられた磁性素子 14 a、14 b の近傍に他方の電線 93 b が配置される。電線 93 a に隣接配置された電線 93 b にも電流 I_1 が流れているので、磁界 $H_{in v}$ が発生している。

50

【 0 0 8 1 】

この磁界 $H_{in v}$ は磁性素子 1 4 a および磁性素子 1 4 b にも影響を及ぼす。しかし、磁性素子 1 4 a と 1 4 b は、薄膜状に形成されており、長手方向の磁化 M と長手方向に流れる電流 I_2 との角度によって磁気抵抗効果を生ずる。そして、膜厚方向から印加される磁界に対しては、磁気抵抗効果の感度がきわめて低い。したがって、隣接配置される電線 9 3 b からの磁界 $H_{in v}$ が磁性素子 1 4 a、1 4 b の膜厚方向から印加されるように、磁性素子 1 4 a および 1 4 b を配置することで、磁界 $H_{in v}$ の影響を小さくし電力計測の精度を高めることができる。

【 0 0 8 2 】

フレーム 5 6 は、図 1 2 のように、電線 9 3 b を電線 9 3 a と平行に固定することができるので、電線 9 3 b が発生する磁界 $H_{in v}$ が磁性素子 1 4 a および磁性素子 1 4 b の膜厚方向に近い状態で印加されるように保証することができる。このため、電力計測に係る精度を高くすることができる。

【 0 0 8 3 】

図 1 3 には、電線 9 3 b の発生する磁界 $H_{in v}$ が磁性素子 1 4 a および磁性素子 1 4 b に対して垂直に印加するような位置関係を固定できるフレーム 5 7 の断面を示す。フレーム 5 6 同様固定手段であるフレーム 5 7 は、断面 V 字形状の一对のフレーム片 5 7 a、5 7 b と、それらを連結するバインド 5 7 m、5 7 n によって形成されている。

【 0 0 8 4 】

フレーム片 5 7 a とフレーム片 5 7 b は、断面 V 字の凸稜の部分をそれぞれ対向させ、バインド 5 7 m とバインド 5 7 n によって、凸稜から連続する傾斜面 5 8 a、5 8 b 同士を対向させるように固定される。この傾斜面 5 8 a、5 8 b 同士と、バインド 5 7 m、5 7 n と凸稜の間に、電線 9 3 a と電線 9 3 b が保持される。

【 0 0 8 5 】

磁性素子 1 4 a と磁性素子 1 4 b は、フレーム片 5 7 a および 5 7 b の対向する傾斜面の一方側に設けられる。この対向する傾斜面 5 8 a、5 8 b は、電線 9 3 a および電線 9 3 b の中心から、他方の電線 9 3 a の表面に引いた接線 5 9 a、5 9 b を含むように設けられている。このため、電線 9 3 b が発生する磁界 $H_{in v}$ は、必ず傾斜面 5 8 a、5 8 b に対して垂直方向となる。したがって、磁性素子 1 4 a および 1 4 b が、隣接配置された電線 9 3 b が発生する磁界 $H_{in v}$ からの影響を受けることを抑制することができる。

【 0 0 8 6 】

図 1 4 は、電線 9 3 a と電線 9 3 b の間隔 L を広げた場合のフレーム 5 7 の断面を示す。このように保持する電線 9 3 a と電線 9 3 b の間隔 L を広げると、フレーム片 5 7 a およびフレーム片 5 7 b の凸稜の角度は広がる。

【 0 0 8 7 】

(実施の形態 3)

実施の形態 1 で示した電力計測装置 1 (結線図は、図 1 0) は、2 つの磁性素子 1 4 a、1 4 b を対向させ、被計測回路 9 0 の電線 9 3 a を挟持し、磁性素子 1 4 a、1 4 b の電圧変化を加算することで、配置に起因する誤差を低減するものであった。このような考え方は、磁性素子 1 4 の数を増やすことで、より高い効果を上げることができる。

【 0 0 8 8 】

図 1 5 には、磁性素子 1 4 を電線 9 3 a の周囲の 3 か所に配置した場合の磁性素子 1 4 と電線 9 3 a の位置関係の断面を示す。これはホルダー 5 1 が、三角形の内壁を有するフレームで形成されている場合に相当する。ホルダー 5 1 の長さは磁性素子 1 4 の長手方向の長さより長ければよい。内部に X 軸および Y 軸を想定し、1 つの磁性素子 1 4 a を Y 軸上に配置するように見る。軸の原点が仮想軸 1 7 である。

【 0 0 8 9 】

磁性素子 1 4 b および磁性素子 1 4 c は、Y 軸からそれぞれ 120° ずつ傾いた位置の、仮想軸 1 7 から距離 r の円周上に配置される。なお、それぞれの磁性素子 1 4 は、半径 r の円周に接する向きに調整される。これは仮想軸 1 7 に対向する向きに配置されるとい

10

20

30

40

50

うことである。

【0090】

電線93aは本来、仮想軸17の位置に配置されるのが望ましい。しかし、ホルダー51を電線93aに取り付ける際に、磁性素子14と電線93aとの間の位置関係には誤差が生じる。今、電線93aは、仮想軸17から r だけ離れた円周上にあるとする。そして、電線93aが仮想軸17にある時の加算手段28(図10参照)の出力を「真値」とよび、電線93aが半径 r 上にある時の加算手段28の出力を「誤差値」と呼ぶ。すると、半径 r 上の電線93aによる加算手段28の出力は、X軸からの角度に依存する。

【0091】

なお、それぞれの磁性素子14a、14b、14cは、3つあるセンサ部30a、30b、30cを代表するものとし、加算手段28は3つのセンサ部30a、30b、30cからの出力を加算するものとする。

【0092】

図16には、磁性素子14が1つの場合の時の加算手段28の出力と磁性素子14が3個の場合の時の加算手段28の出力の比較を示す。磁性素子14が3個ある時は加算手段28の出力を $1/3$ し、規格化してある。縦軸は加算手段28の出力(規格化した値)、横軸は電線93aのX軸からの角度である。 r/r が0.1の時、0.2の時、0.3の時の値を示した。

【0093】

r/r が大きくなるということは、フレーム10fの内部での電線93aが、仮想軸17から離れた位置で固定されたことを意味する。磁性素子14が3個の場合は、1個の場合より、はるかに出力変動が少ないのがわかる。

【0094】

図17には、磁性素子14が2つの場合の時の加算手段28の出力の変動程度を示す。磁性素子が2つというのは、実施の形態1で示したように、電線93aを挟持する場合である。

【0095】

図18は、磁性素子14が4つの場合の磁性素子14a、14b、14c、14dと電線93aの関係を示すホルダー51の断面図である。それぞれの磁性素子は、センサ部30a、30b、30c、30dの構成要素である。磁性素子14を4個配置する場合は、断面の内壁が正方形となるホルダー51を用いることになる。磁性素子14が3個の場合と同様に、X軸とY軸を内部空間に設定する。仮想軸17は幾何的に断面形状の中心である。それぞれの磁性素子14をX軸およびY軸上に配置する。4つの磁性素子14は、仮想軸17からは等距離(r)の位置に配置する。

【0096】

図19には、図18で示した磁性素子14が4つある場合の図16同様の出力結果を示す。磁性素子14が4つの時の加算手段28の出力は $1/4$ することで規格化してある。図19より磁性素子が3つの時の加算手段28の出力よりさらに変動は少なくおさえられているのがわかる。

【0097】

図20には、横軸に電線93aと磁性素子14間の距離変動を表す r/r を取り、縦軸を最大誤差とした時の関係を示す。最大誤差とは「誤差値/真値」で表される値である。グラフ中の丸印は磁性素子14が1つの場合、四角は2つの場合、三角は3つの場合、逆三角形は4つの場合、菱形は5つの場合を示す。

【0098】

このグラフより、磁性素子14を3個以上用いれば、 r/r が0.25の場合であっても、最大誤差を2%以下に抑制することができる。

【0099】

また、図21には、磁性素子数と最大誤差の関係を示す。なお、グラフ中の黒丸印は

10

20

30

40

50

r / r が 0 . 1 の場合、黒四角は 0 . 2 の場合、黒三角は 0 . 3 の場合、白三角形は 0 . 4 の場合を示す。ここで、電力を最大誤差を 5 % 以下で計測しようとする、 r / r を 0 . 1 以内に抑えれば、2 個の磁性素子でも十分に計測できることがわかる。

【 0 1 0 0 】

もちろん、磁性素子 1 4 の数（これはセンサ部 3 0 の数に相当する）を増やし、仮想軸 1 7 の周囲に軸対称となるように、かつ仮想軸 1 7 に対向するように固定するようなホルダー 5 1（固定手段）を用い、仮想軸 1 7 に電線 9 3 a を重ねるように配置することで、計測する電力の最大誤差はより下げることができる。

【 0 1 0 1 】

図 2 2（a）には、磁性素子 1 4 同士の間永久磁石を配置した場合のホルダー 5 1 の断面を示す。また図 2 2（b）には、フェライト等の高透磁率材料を配置したホルダー 5 1 の断面を示す。どちらの配置も磁性素子 1 4 と同一円周内に配置された永久磁石若しくは高透磁率材料によって、外部からの磁界が磁性素子 1 4 を通過しにくくなる。なお、永久磁石とは所謂硬磁性体であり、図 2 のバイアス磁界 H_{bias} を発生できる程度の磁性体である。また、高透磁率材料とは、所謂軟磁性体であり、電源の周波数に対して透磁率が 1 0 以上の磁性体が好適に利用できる。

10

【 0 1 0 2 】

このような構成にすると、隣接配置される電線 9 3 b からの磁界 H_{inv} の影響を受けにくい。また、永久磁石を用いた場合は、磁性素子 1 4 に対するバイアス手段 1 4 5 としても利用できる。このようなホルダー 5 1 は内壁が正六角形の形状を有するフレームで構成されているものに相当する。

20

【 0 1 0 3 】

（実施の形態 4）

実施の形態 1 乃至 3 でセンサユニット 1 0 における磁性素子 1 4 の配置のバリエーションについて説明を行った。ここでセンサユニット 1 0 は複数のセンサ部 3 0 から構成されている。センサ部 3 0 には 1 つの磁性素子 1 4 と 1 つの計測抵抗 2 2 から構成されていた。しかし、センサ部 3 0 の感度を高めるためには、磁性素子 1 4 と計測抵抗 2 2 の構成を変更することで、センサ部 3 0 自体の感度を向上させることができる。本実施の形態では、センサ部 3 0 のバリエーションを示す。ここで示すセンサ部 3 0 のバリエーションはそのまま複数個用いて実施の形態 1 乃至 3 のセンサユニット 1 0 におけるセンサ部 3 0 として

30

【 0 1 0 4 】

図 2 3 は、磁性素子 1 4 0 a および 1 4 0 b を直接に並べ、それぞれの素子の結合点を接地するセンタータップを設けた構成である。電線 9 3 a には磁性素子 1 4 0 a、1 4 0 b を隣接配置させる。すなわち、実施の形態 1 乃至 3 における磁性素子 1 4 a、1 4 b などの代わりに、磁性素子 1 4 0 a、1 4 0 b を直列接続したものを使用する。言い換えると 1 つのセンサ部 3 0 に磁性素子 1 4 0 a、1 4 0 b を直列接続したものをを用いる。

【 0 1 0 5 】

この場合、計測端子 2 3、2 4 は磁性素子 1 4 0 a の素子端子 1 4 3 0 a と、磁性素子 1 4 0 b の素子端子 1 4 4 0 b である。センサ部 3 0 をこのような構成にすれば、差動アンプ 2 5 の出力には、磁性素子 1 4 0 a、1 4 0 b の変化分だけが現れる。すなわち、電源が交流であっても、差動アンプ 2 5 の出力にローパスフィルタを入れる必要がない。

40

【 0 1 0 6 】

また、磁性素子 1 4 0 a、1 4 0 b にオフセットが生じてても、素子間を接地してあるので、オフセットはキャンセルされる。

【 0 1 0 7 】

図 2 4 は、磁性素子 1 4 0 a および 1 4 0 b のバイアス手段 1 4 5 0 a、1 4 5 0 b を逆特性にして直列に接続する。計測抵抗 2 2 0 a および 2 2 0 b は、それぞれの磁性素子 1 4 0 a、1 4 0 b に対して設けられる。差動アンプ 2 5 に対する計測端子 2 3、2 4 は、図 2 3 の場合同様磁性素子 1 4 0 a の素子端子 1 4 3 0 a と、磁性素子 1 4 0 b の素子

50

端子 1 4 4 0 b である。

【 0 1 0 8 】

また、センタータップを設ける。この結線は、計測抵抗 2 2 0 a、2 2 0 b と磁性素子 1 4 0 a、1 4 0 b でブリッジ回路を形成していることに他ならない。このような結線を行うと、磁性素子 1 4 0 a と 1 4 0 b のバイアス手段 1 4 5 0 a および 1 4 5 0 b が逆向きなので、差動アンプ 2 5 には磁性素子 1 4 0 が 1 つの場合と比較して 2 倍の出力を得ることができる。なお、他方の接続端子 1 2 b は、被計測回路 9 0 の電源も接地されるので接地点である。

【 0 1 0 9 】

また、センタータップが設けられているので、電源が交流であっても素子電圧の変化分だけを出力することができる。すなわち、ローパスフィルタは不要である。また電源 9 1 が直流である場合は、オフセットをキャンセルすることができるという効果もある。

10

【 0 1 1 0 】

図 2 5 は、計測抵抗 2 2 0 a と磁性素子 1 4 0 a に対応した疑似計測抵抗 2 2 0 z と疑似抵抗 2 2 0 y を用意し、これらの 4 つの素子でブリッジを形成する。ここで抵抗 2 2 0 z は計測抵抗 2 2 0 a と同じ値 (R_z) とし、抵抗 2 2 0 y は磁性素子 1 4 0 a の抵抗 (R_{m_r}) と同じにしておく。このように回路を構成した場合、差動アンプ 2 6 の出力は、電源に交流が重畳されていても、負荷 9 2 での消費電力に相当する直流電圧を直接得ることができる。

【 産業上の利用可能性 】

20

【 0 1 1 1 】

本発明は、家庭電気製品分野、自動車分野、産業機器分野などの電力計測用の電力計測装置として広く利用することができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 1 2 】

- 1、2 電力計測装置
- 1 0 センサユニット
- 1 2 a、1 2 b 接続端子
- 1 4 (1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d) 磁性素子
- 1 7 仮想軸
- 2 1 検出器電源
- 2 2 (2 2 a、2 2 b) 計測抵抗
- 2 5 (2 5 a、2 5 b) 差動アンプ
- 2 6 (2 6 a、2 6 b) 後処理手段
- 2 7 (2 7 a、2 7 b) 検出手段
- 2 8 加算手段
- 2 8 z アンプ
- 3 0 (3 0 a、3 0 b、3 0 c、3 0 d) センサ部
- 3 4 制御装置
- 3 5 表示手段
- 5 0 筐体
- 5 1 ホルダー
- 5 2 フレーム
- 5 3 ストップ
- 5 6 フレーム
- 5 6 f 平面部
- 5 6 w 固定壁
- 5 7 フレーム
- 5 7 a、5 7 b フレーム片
- 5 7 m、5 7 n バインド

30

40

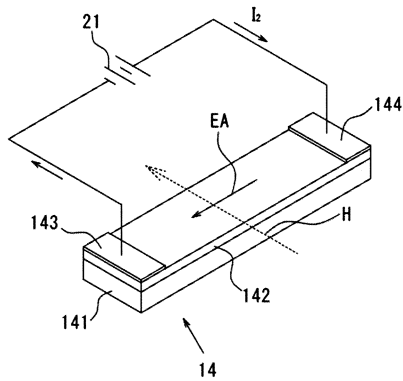
50

- 58 a、58 b (フレーム片の) 傾斜面
- 59 a、59 b 接線
- 90 被計測回路
- 91 電源
- 92 負荷
- 93 (93 a、93 b) 電線 (電源ライン)
- 93 c 導線
- 94 シールド
- 140 a、140 b 磁性素子
- 141 基板
- 142 磁性膜
- 143 (143 a、143 b)、144 (144 a、144 b) 素子端子
- 145 (145 a、145 b) バイアス手段
- 148 導体
- 149 永久磁石
- 1430 a、1430 b、1440 a、1440 b 素子端子
- 1450 a、1450 b バイアス手段
- EA 磁化容易軸
- L 電線の間隔
- M 磁化
- H 外部磁界
- Hbias バイアス磁界
- Hinv 電線93bが発生する磁界
- R28 a、R28 b 受け抵抗
- 凸稜の角度

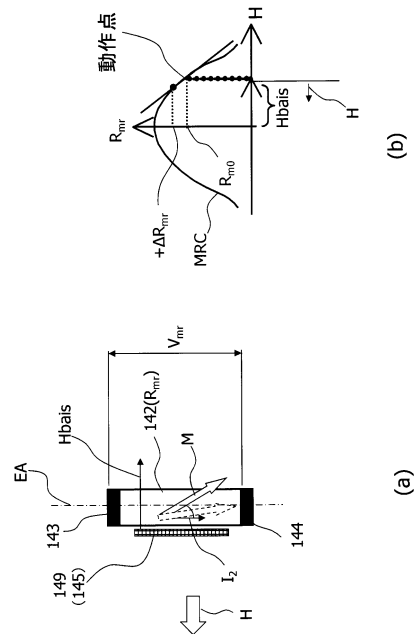
10

20

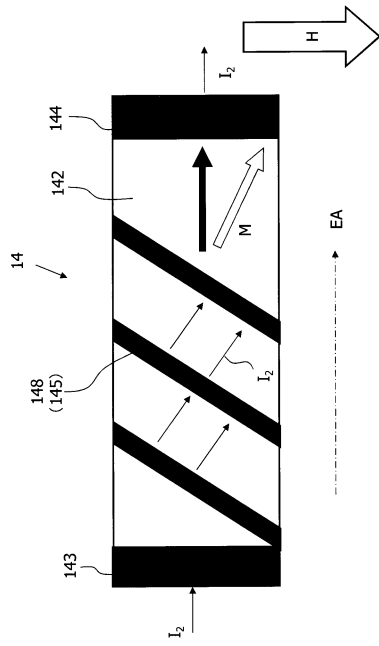
【図1】



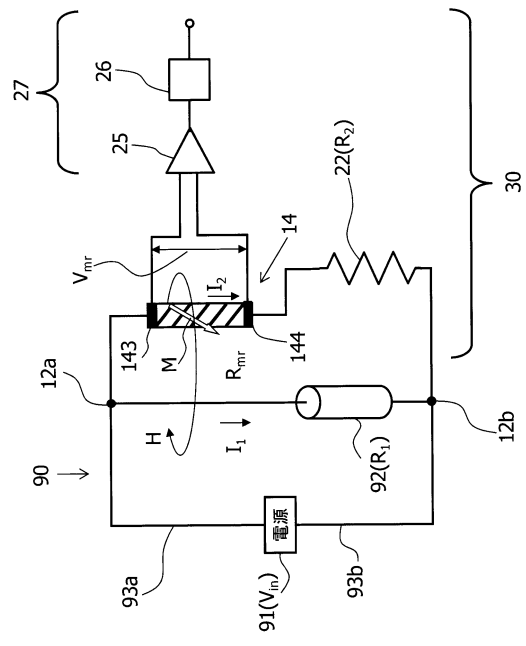
【図2】



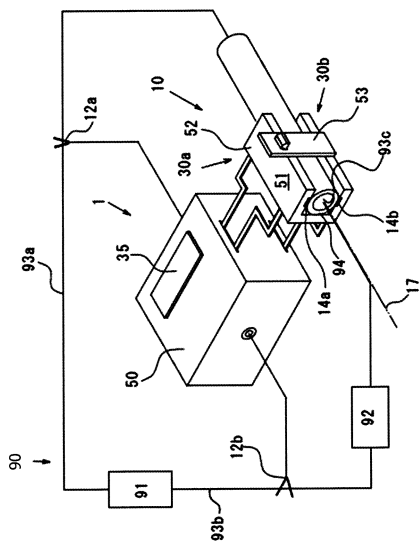
【 図 3 】



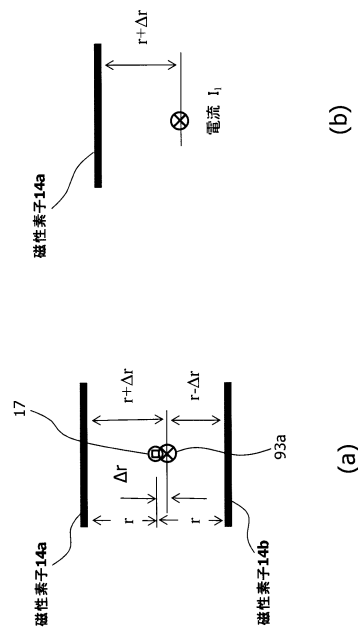
【 図 4 】



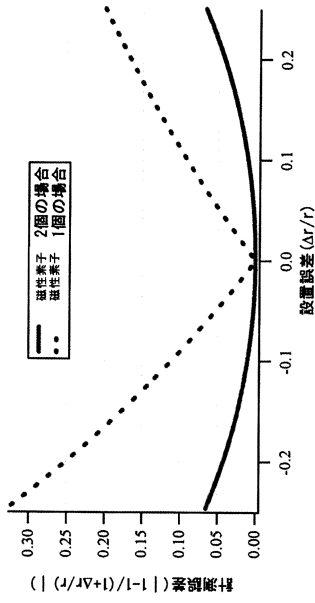
【 図 5 】



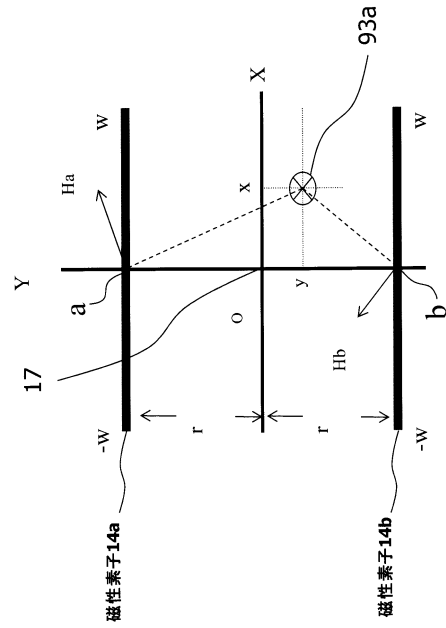
【 図 6 】



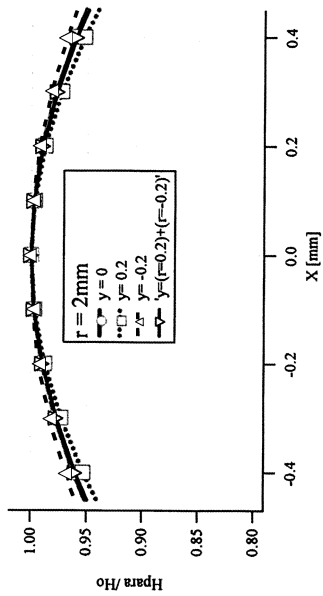
【図7】



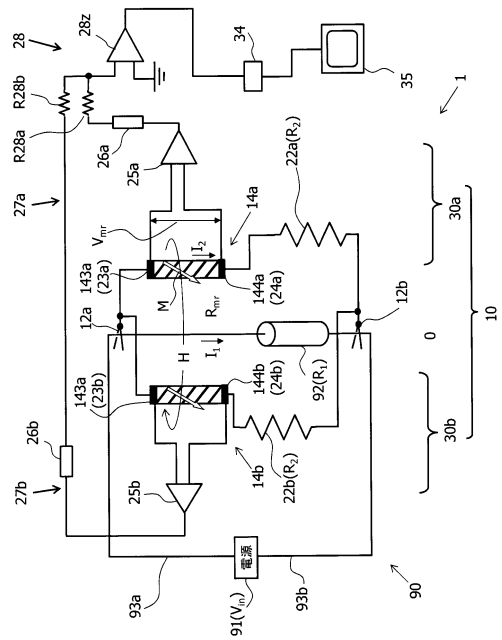
【図8】



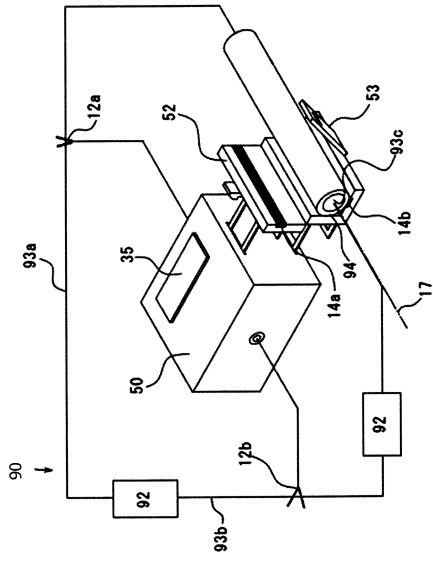
【図9】



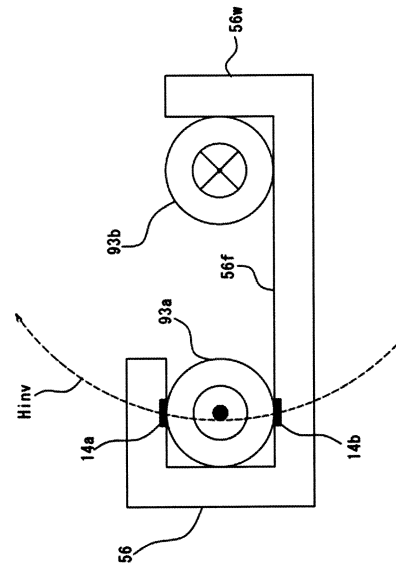
【図10】



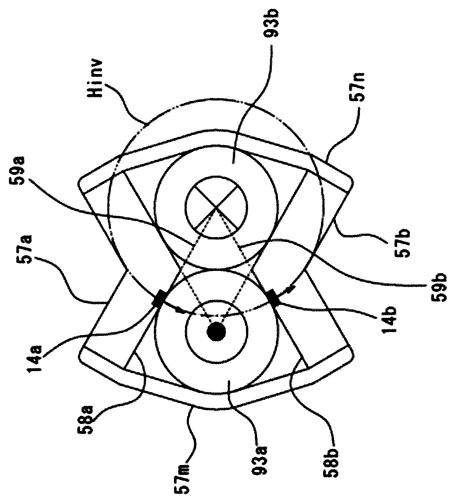
【図 1 1】



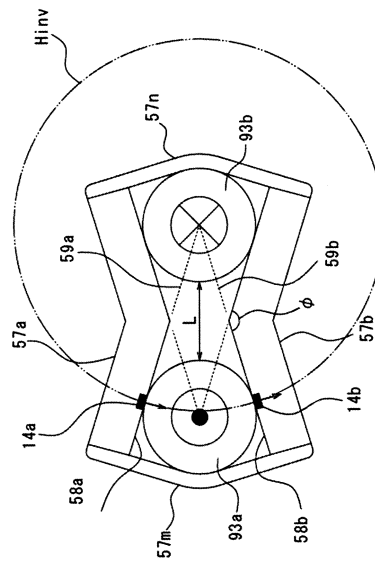
【図 1 2】



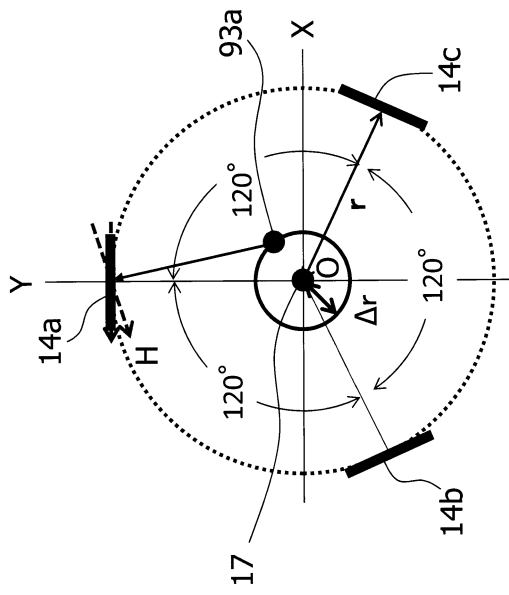
【図 1 3】



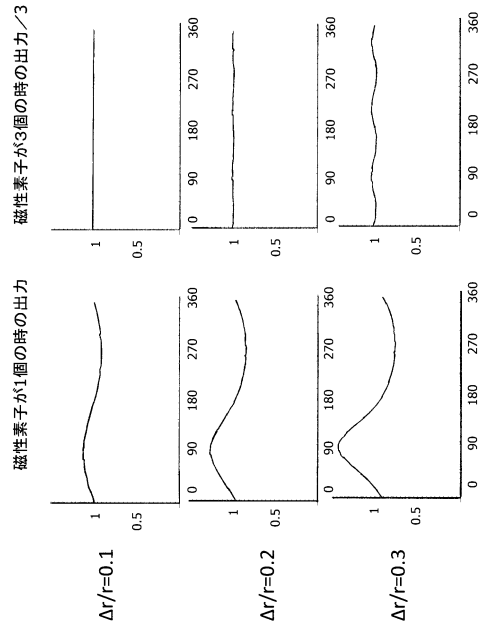
【図 1 4】



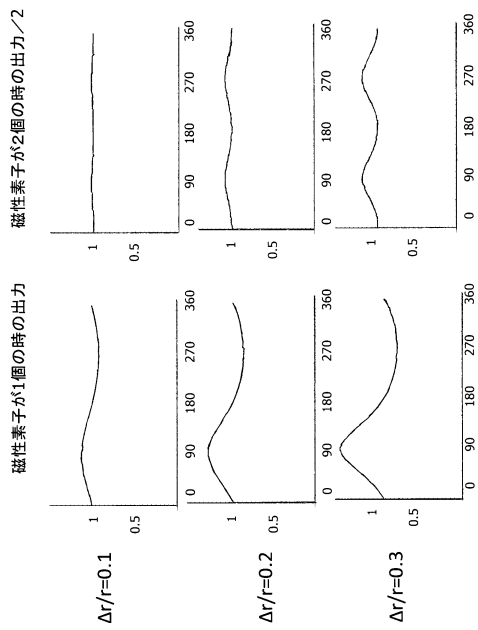
【図 15】



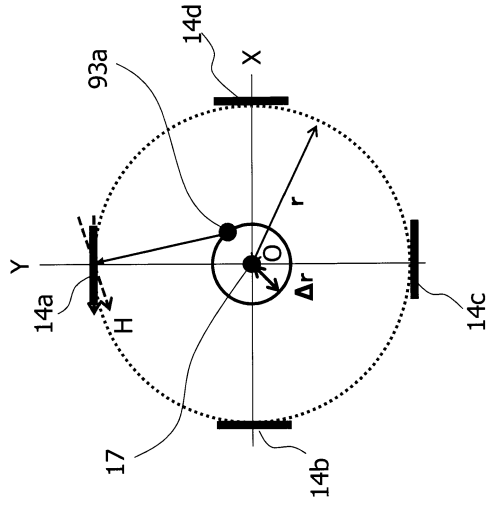
【図 16】



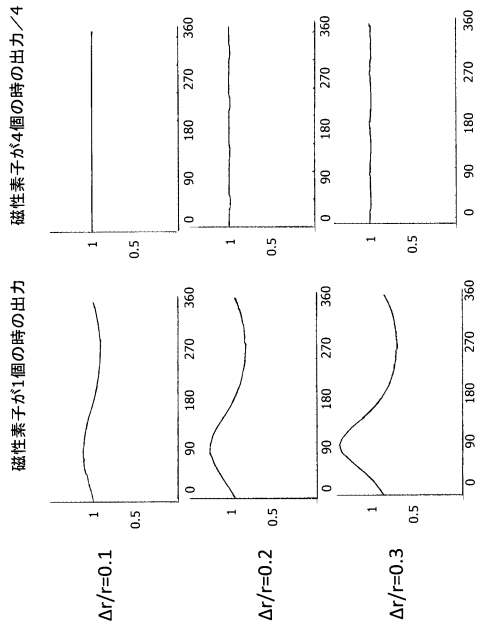
【図 17】



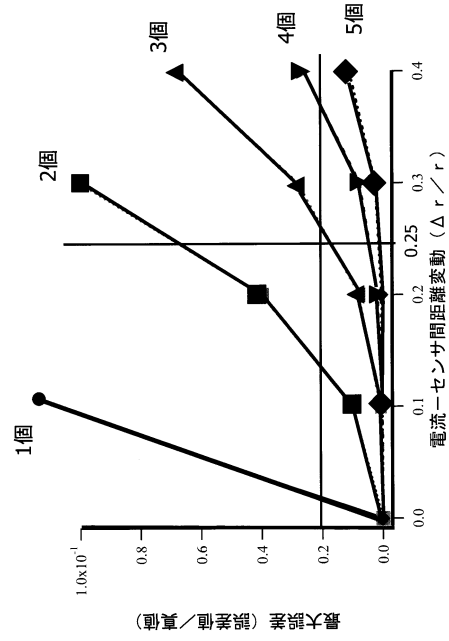
【図 18】



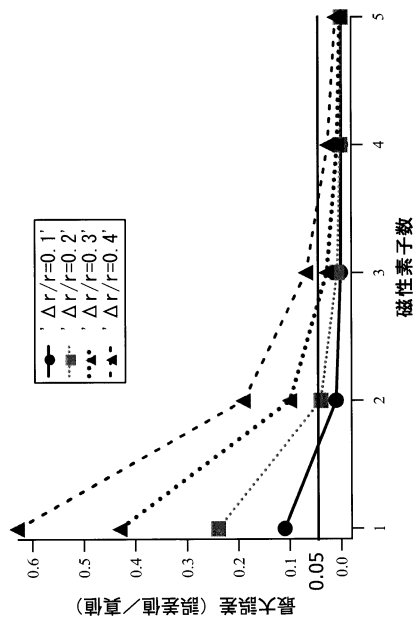
【図19】



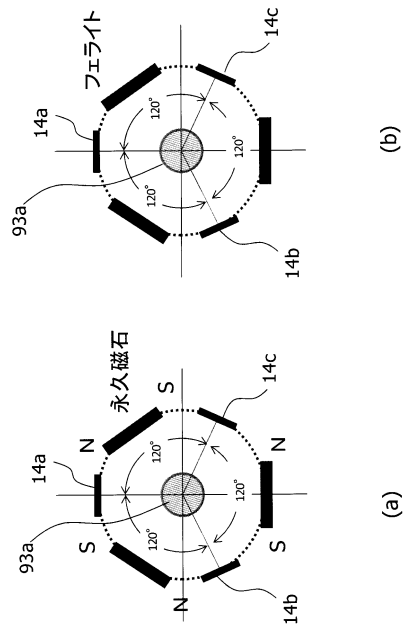
【図20】



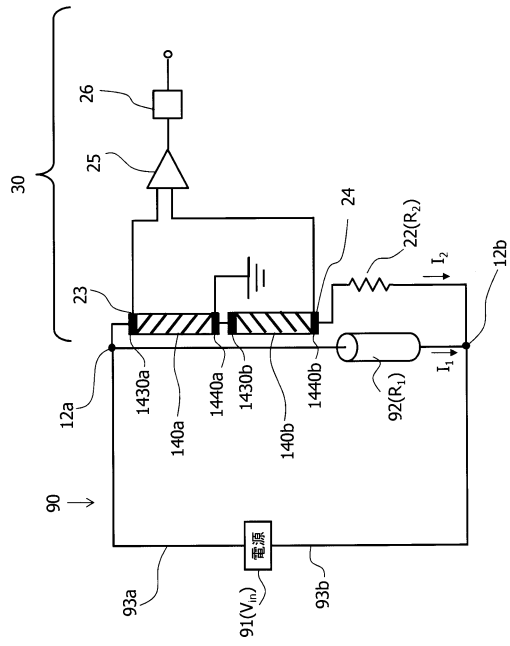
【図21】



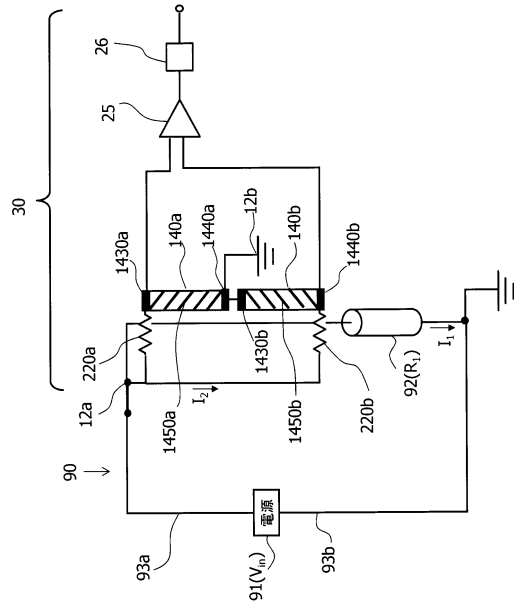
【図22】



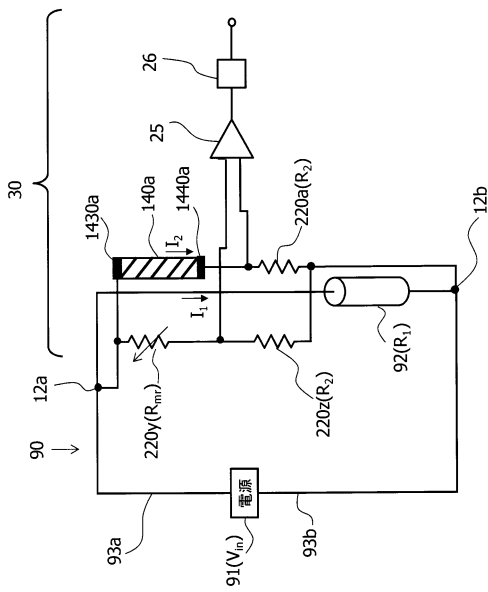
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



フロントページの続き

審査官 續山 浩二

- (56)参考文献 国際公開第2012/105459(WO, A1)
特表平10-506193(JP, A)
特開2012-083241(JP, A)
特開2009-063396(JP, A)
特開2011-043422(JP, A)
特開昭64-074457(JP, A)
特開2011-047731(JP, A)
特開2005-061980(JP, A)
特開2001-153895(JP, A)
特開2003-315376(JP, A)
米国特許出願公開第2009/0315555(US, A1)
米国特許第07259546(US, B1)
特開2000-258464(JP, A)
特開2011-164019(JP, A)
特開2010-091545(JP, A)
特開2000-258463(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 21/08