

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年6月5日(05.06.2014)



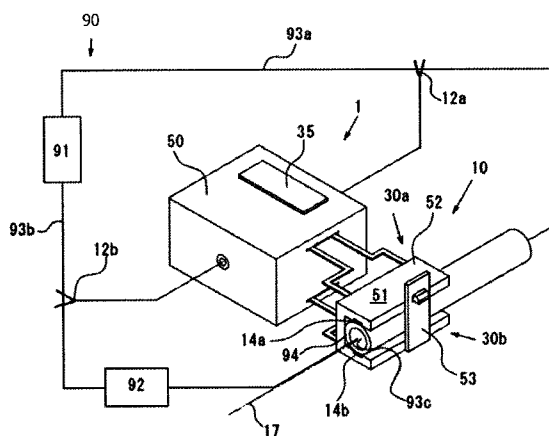
(10) 国際公開番号
WO 2014/083812 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 21/08 (2006.01) G01R 11/12 (2006.01)
G01R 11/06 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/006856
 - (22) 国際出願日: 2013年11月21日(21.11.2013)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2012-260734 2012年11月29日(29.11.2012) JP
 - (71) 出願人: 公立大学法人大阪市立大学 (OSAKA CITY UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5588585 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号 Osaka (JP).
 - (72) 発明者: 辻本 浩章 (TSUJIMOTO, Hiroaki); 〒5588585 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 Osaka (JP).
 - (74) 代理人: 廣幸 正樹 (HIROKOH, Masaki); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満3丁目1番6号 辰野西天満ビル Osaka (JP).
 - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ELECTRICAL POWER MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 電力計測装置

[図5]



(57) Abstract: An electrical power meter that utilizes a magnetic thin film is required to be mountable to wiring that has already been disposed and to be able to define the positional relationship between the wiring and the magnetic thin film regardless of the position at which the power meter is attached to the wiring. Provided is an electrical power measurement device characterized by comprising the following: a sensor part that is connected to a circuit to be measured via a pair of connection terminals, and that is provided with the pair of connection terminals for connecting to a power source in parallel with a load, a magnetic element provided with element terminals on either end of a magnetic film, a measurement resistor connected in series to the magnetic element, and a detection means that detects voltage changes in the magnetic element and outputs a prescribed component; a sensor unit comprising a plurality of the sensor parts; an addition means that adds the outputs of the detection means of all of the sensor parts; and a securing means that secures the magnetic elements of the sensor parts in positions at equal distances from a virtual axis, which serves as a positional reference for disposing one electric wiring, in orientations facing the virtual axis.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2014/083812 A1



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。前記電源に前記負荷と並列に接続するための一对の接続端子と、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、前記一对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電力計測装置。

明 細 書

発明の名称：電力計測装置

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。

[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。

[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^2R を取り出す方式を採用するものである。

[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り、強磁性薄膜や半導体薄膜等の磁性薄膜をパターンニングし、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。

[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] 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] 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をリングの孔に通過させる必要があるので、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] 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線同時に磁性体で囲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] 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对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对の接続端子と、

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、前記一对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。

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] [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。

[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。

[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

[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。

[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(Ω)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。

[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 $+\Delta R_{m_r}$ 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。

[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 E_A 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。

[0026] このような構造の磁性素子 14 に紙面上から下方方向に外部磁界 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 の抵抗値は、図 2 (b) に示すように抵抗値が変化する。

[0027] 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 145 に含める。図 3 のような導体 148 と磁化容易軸 E_A の組み合わせもバイアス手段 145 と言ってよい。図 3 のような構造の磁性素子 14 をバーバーポール型と呼ぶ。また、他の例として、磁性膜 142 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。

[0028] 図 4 には、バーバーポール型の磁性素子 14 を用いた電力計測の原理を示す。磁性素子 14 と計測抵抗 22 を直列にし、被計測回路 90 の電源 91 に連結されている負荷 92 と並列にこれを連結する。連結する点は、接続端子

12a、12bである。そして、磁性素子14は、電源91と負荷92の間を接続している電線93aに平行に隣接配置させる。ここで平行とは、電線93aの周囲に形成される同軸状の磁界に、磁性素子14の面内方向が平行になることである。また、計測抵抗22は、磁性素子14の抵抗値 R_{mr} に対して十分に大きいとしておく。また、電線93aの抵抗は十分に小さい。

[0029] まず、電源91が直流の場合、電線93a、93bに流れる電流を I_1 とすると、磁性素子14に印加される外部磁界 H は、比例定数を α として、(1)式のように表される。

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

[0030] 図2(b)にも示すように、磁性素子14の電気抵抗の変化 ΔR_{mr} 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)式を考慮すると、(2)式のように表される。

$$\Delta R_{mr} = \beta H = \beta (\alpha I_1) \cdots \cdots (2)$$

[0031] 磁性膜142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_{m0} とすると、外部磁界 H が印加された時の磁性素子14全体の電気抵抗 R_m は、(3)式のように表される。

$$R_m = R_{m0} + \Delta R_{mr} = R_{m0} + \alpha \beta I_1 \cdots \cdots (3)$$

[0032] つまり、電流 I_1 が流れる電線93aに近接配置された磁性膜142は、(3)式のような電気抵抗特性を有する。この磁性素子14の素子端子143、144間に電流 I_2 が流れると、素子端子143、144間の電圧 V_{mr} は(4)式のように表される。

$$V_{mr} = R_m I_2 = (R_{m0} + \Delta R_{mr}) I_2 = (R_{m0} + \alpha \beta I_1) I_2 \cdots \cdots (4)$$

[0033] 次に電源91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93a、93bの抵抗は十分に小さく、また、磁性素子14の抵抗 R_m も計測抵抗22(値は R_2)よりも十分小さいとする。負荷92の抵抗を R_1 とすると、電線93aを流れる電流 I_1 と、磁性素子14を流れる電流 I_2 は、それぞれ(6)式、(7)式のようになる。

[0034] そこで、磁性素子 14 の素子端子 143、144 間の電圧 V_{mr} は (8) 式のように表される。なお (8) 式の式変形の途中で $R_{m0} \ll R_2$ 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 14 の素子端子 143、144 間では、負荷 92 で消費される電力 $I_1 V_1$ に比例した電圧と、計測抵抗 22 (R_2) と磁性素子 14 の動作点での電気抵抗 R_{m0} 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。

[0035] [数1]

$$V_m = V_1 \quad \dots (5)$$

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

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

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

[0036] このような関係は、電源 91 が交流であっても成立する。電源 91 が交流で、負荷 92 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 91 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 90 で負荷 92 がリアクタンスなので、負荷 92 を流れる電流 I_1 は、電源 91 (電圧 V_{in}) とは位相のズレが生じる。この位相のズレを θ とする。一方、磁性素子 14 は、通常の抵抗なので電源 91 (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。

[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。

[0038] [数2]

$$V_m = V_1 \sin \omega t \quad \dots (9)$$

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

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

$$\begin{aligned} V_{mr} &= (R_{m0} + \alpha \beta I_1) I_2 \\ &= \left(R_{m0} + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \right) \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t \\ &= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t \\ &= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \{ \cos \theta - \cos(2\omega t - \theta) \} \\ &= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t - \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos(2\omega t - \theta) + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos \theta \\ &= \text{AC component} + K_2 I_1 V_1 \cos \theta \\ &\quad \dots (12) \end{aligned}$$

[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。

[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、それらを除去する手段である。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。
- [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に流れる電流が電線93aの外部に作る磁界である。つまり、電力を測定する電線93a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93a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93a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93aと負荷92と電線93bで構成される。なお、電線93aは一部シールド94と導線93c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93cは線で表した。
- [0045] 電力計測装置1は、電線93a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12a、12b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30a、30b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12a、12b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30a、30bの磁性素子14a、14b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14aと磁性素子14b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14aと磁性素子14b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14aおよび磁性素子14b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14aと磁性素子14b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93aの中心が重なるように配置すると、電線93aの中心から等距離の位置に磁性素子14a、14bは配置されることになる。

[0048] 電線93aは、中心が磁性素子14aと磁性素子14b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14a、14b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93aに取付ける際に、磁性素子14a、14bとの間でスペースを生じるなど、電線93a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93a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93a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93a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14aと磁性素子14bに対する電線93a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14aおよび磁性素子14b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 Δr 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、 Δr だけずれた場合を示す。結果、電線 93 a は磁性素子 14 a からは $r + \Delta r$ だけ離れており、磁性素子 14 b からは $r - \Delta r$ だけ離れている。

[0053] この時、磁性素子 14 a および磁性素子 14 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、(13) 式、(14) 式のように表される。それぞれの磁性素子 14 a、14 b の電気抵抗の変化 ΔR_{mrA} および ΔR_{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、(13) 式、(14) 式を考慮すると、(15) 式および (16) 式のように表される。なお、 ΔR_{mrA} は、磁性素子 14 a の抵抗変化であり、 ΔR_{mrB} は、磁性素子 14 b の抵抗変化を表す。

[0054] また、磁性素子 14 a および磁性素子 14 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 ΔV_{mrA} と電圧 ΔV_{mrB} は、(17) 式および (18) 式のように表される。なお、 ΔV_{mrA} は、磁性素子 14 a の電圧変化であり、 ΔV_{mrB} は、磁性素子 14 b の電圧変化を表す。

[0055]

[数3]

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

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

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

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

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

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

[0056] ここで電圧 ΔV_{mrA} と電圧 ΔV_{mrB} の加算を求めると(19)式のようになる。

[0057] [数4]

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

[0058] (19)式によれば、 $\Delta r / r = 0.1$ (10%) の場合には、磁性素子14a、14b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、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14a、磁性素子14bの仮想軸17に電線93aを配置しようとした場合と、電線93aに対して磁性素子14a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($\Delta r / r$)であり、縦軸は計測誤差($|1 - 1 / (1 + \Delta r / r)|$)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14aだけを配置した場合とは、(19)式における電圧 $\Delta V_{m r A}$ 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14aだけの場合より磁性素子14a、14bの仮想軸17に電線93a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93aの磁性素子14aと磁性素子14bの間の距離方向の位置のずれを検討した。次に磁性素子14aと磁性素子14b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93aと磁性素子14aと磁性素子14bの断面図を示す。図8では、磁性素子14aと磁性素子14b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14aと磁性素子14b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。
- [0063] なお、X軸は磁性素子14aと磁性素子14bからちょうど距離 r だけ離れた点の集合でもある。電線93aの存在する位置を、この座標中で座標(x, y)とし、電線93aの位置が変動したときの磁性素子14a、14b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14a、14bの幅を $2w$ とした。
- [0064] 図9に、その計算結果を示す。磁性素子14a、14b間は4mm($r = 2\text{mm}$)とした。図中の○(白丸)は電線93a(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 $y = 0, 2\text{mm}$ 、△(白三角)は $y = -0, 2\text{mm}$ の直線上を左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($H_{p a r a}$)を示している。また▽(白逆三角形)は

□ : $y = 0.2 \text{ mm}$ と Δ : $y = -0.2 \text{ mm}$ 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14a、14b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±20%（±0.4mm）とした。図9中のy軸値は、電線93a（電流）が $(x = 0, y = 0)$ 、 $(x = 0, y = 0.2)$ 、 $(x = 0, y = -0.2)$ での磁界 $H_o(y = 0)$ 、 $H_o(y = 0.2)$ 、 $H_o(y = -0.2)$ での規格値（ H_{para}/H_o ）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_o ）で表した。

[0066] 図9より、X軸方向の10%（±0.2mm）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%（±0.4mm）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93a（電流）が磁性素子14aと磁性素子14b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14a、14b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14a、14b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93aを重ねるように配置し、それぞれの磁性素子14a、14bによる電圧変化を加算することで、磁性素子14と電線93a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93aを磁性素子14aと磁性素子14b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。

[0068] なお、上記のように磁性素子14aと磁性素子14b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93aを挟持した際に、磁性素子14aと磁性素子14bのバイアス手段（それぞれ145aおよび145bとする。ただし図示せず。）は、電線93a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。

[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。

[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。

[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。

[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。

[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 1

4 a と 1 4 b の位置関係も固定する。図 1 2 では、電線 9 3 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 9 3 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。

[0080] フレーム 5 6 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 9 3 b を固定する平面部 5 6 f を形成する。なお、電線 9 3 b の位置を固定しやすくするための固定壁 5 6 w が設けられていてもよい。通常電源 9 1 から負荷 9 2 に延びる電線 9 3 a、9 3 b は、一对のペアになっている場合が多い。このような場合、電力を計測するために用いる電線 9 3 a に取り付けた磁性素子 1 4 a、1 4 b の近傍に他方の電線 9 3 b が配置される。電線 9 3 a に隣接配置された電線 9 3 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。

[0081] 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。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] フレーム片57aとフレーム片57bは、断面V字の凸稜の部分をそれぞれ対向させ、バインド57mとバインド57nによって、凸稜から連続する傾斜面58a、58b同士を対向させるように固定される。この傾斜面58a、58b同士と、バインド57m、57nと凸稜の間に、電線93aと電線93bが保持される。

[0085] 磁性素子14aと磁性素子14bは、フレーム片57aおよび57b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58a、58bは、電線93aおよび電線93bの中心から、他方の電線93aの表面に引いた接線59a、59bを含むように設けられている。このため、電線93bが発生する磁界 $H_{in v}$ は、必ず傾斜面58a、58bに対して垂直方向となる。したがって、磁性素子14aおよび14bが、隣接配置された電線93b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。

[0086] 図14は、電線93aと電線93bの間隔Lを広げた場合のフレーム57の断面を示す。このように保持する電線93aと電線93bの間隔Lを広げると、フレーム片57aおよびフレーム片57bの凸稜の角度 ϕ は広がる。

[0087] (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10)は、2つの磁性素子14a、14bを対向させ、被計測回路90の電線93aを挟持し、磁性素子14a、14b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14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。

[0088] 図15には、磁性素子14を電線93aの周囲の3か所に配置した場合の磁性素子14と電線93aの位置関係の断面を示す。これはホルダー51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51の長さは磁性素子14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14aをY軸上に配置するように見る。軸の原点が仮想軸17である。

- [0089] 磁性素子 14 b および磁性素子 14 c は、Y 軸からそれぞれ 120° ずつ傾いた位置の、仮想軸 17 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 14 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 17 に対向する向きに配置されるということである。
- [0090] 電線 93 a 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 93 a に取り付けの際に、磁性素子 14 と電線 93 a との間の位置関係には誤差が生じる。今、電線 93 a は、仮想軸 17 から Δr だけ離れた円周上にあるとする。そして、電線 93 a 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 93 a が半径 Δr 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 Δr 上の電線 93 a による加算手段 28 の出力は、X 軸からの角度 ϕ に依存する。
- [0091] なお、それぞれの磁性素子 14 a、14 b、14 c は、3 つあるセンサ部 30 a、30 b、30 c を代表するものとし、加算手段 28 は 3 つのセンサ部 30 a、30 b、30 c 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 93 a の X 軸からの角度 ϕ である。 $\Delta r/r$ が 0.1 の時、0.2 の時、0.3 の時の値を示した。
- [0093] $\Delta r/r$ が大きくなるということは、フレーム 10 f の内部での電線 93 a 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 つの時の場合の加算手段 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 93 a 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 14 a、14 b、14 c

、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 $\Delta r/r$ 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、 $\Delta r/r$ 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 $\Delta r/r$ 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、 $\Delta r/r$ 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。

[0100] もちろん、磁性素子14の数（これはセンサ部30の数に相当する）を増やし、仮想軸17の周囲に軸対称となるように、かつ仮想軸17に対向するように固定するようなホルダー51（固定手段）を用い、仮想軸17に電線93a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。

[0101] 図22(a)には、磁性素子14同士の間永久磁石を配置した場合のホルダー51の断面を示す。また図22(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51の断面を示す。どちらの配置も磁性素子14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14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10以上の磁性体が好適に利用できる。

[0102] このような構成にすると、隣接配置される電線93b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14に対するバイアス手段145としても利用できる。このようなホルダー51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。

[0103] (実施の形態4)

実施の形態1乃至3でセンサユニット10における磁性素子14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10は複数のセンサ部30から構成されている。センサ部30には1つの磁性素子14と1つの計測抵抗22から構成されていた。しかし、センサ部30の感度を高めるためには、磁性素子14と計測抵抗22の構成を変更することで、センサ部30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30のバリエーションを示す。ここで示すセンサ部30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10におけるセンサ部30として利用してよい。

[0104] 図23は、磁性素子140aおよび140b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93aには磁性素子140a、140b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14a、14bなどの代わりに、磁性素子140a、140b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30に磁性素子140a、140bを直列接続したものをを用いる。

- [0105] この場合、計測端子 23、24 は磁性素子 140a の素子端子 1430a と、磁性素子 140b の素子端子 1440b である。センサ部 30 をこのような構成にすれば、差動アンプ 25 の出力には、磁性素子 140a、140b 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 25 の出力にローパスフィルタを入れる必要がない。
- [0106] また、磁性素子 140a、140b にオフセットが生じても、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。
- [0107] 図 24 は、磁性素子 140a および 140b のバイアス手段 1450a、1450b を逆特性にして直列に接続する。計測抵抗 220a および 220b は、それぞれの磁性素子 140a、140b に対して設けられる。差動アンプ 25 に対する計測端子 23、24 は、図 23 の場合同様磁性素子 140a の素子端子 1430a と、磁性素子 140b の素子端子 1440b である。
- [0108] また、センタータップを設ける。この結線は、計測抵抗 220a、220b と磁性素子 140a、140b 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 140a と 140b のバイアス手段 1450a および 1450b が逆向きなので、差動アンプ 25 には磁性素子 140 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 12b は、被計測回路 90 の電源も接地されるので接地点である。
- [0109] 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 91 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。
- [0110] 図 25 は、計測抵抗 220a と磁性素子 140a に対応した疑似計測抵抗 220z と疑似抵抗 220y 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 220z は計測抵抗 220a と同じ値 (R_2) とし、抵抗 220y は磁性素子 140a 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 26 の出力は、電源に交流が重畳されていても、負荷 92 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

[0111] 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

- [0112] 1、2 電力計測装置
- 10 センサユニット
 - 12 a、12 b 接続端子
 - 14 (14 a、14 b、14 c、14 d) 磁性素子
 - 17 仮想軸
 - 21 検出器電源
 - 22 (22 a、22 b) 計測抵抗
 - 25 (25 a、25 b) 差動アンプ
 - 26 (26 a、26 b) 後処理手段
 - 27 (27 a、27 b) 検出手段
 - 28 加算手段
 - 28 z アンプ
 - 30 (30 a、30 b、30 c、30 d) センサ部
 - 34 制御装置
 - 35 表示手段
 - 50 筐体
 - 51 ホルダー
 - 52 フレーム
 - 53 ストッパ
 - 56 フレーム
 - 56 f 平面部
 - 56 w 固定壁

- 57 フレーム
- 57 a、57 b フレーム片
- 57 m、57 n バインド
- 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
- E A 磁化容易軸
- L 電線の間隔
- M 磁化
- H 外部磁界
- H b i a s バイアス磁界
- H i n v 電線93 bが発生する磁界
- R 28 a、R 28 b 受け抵抗
- ϕ 凸稜の角度

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
- 有することを特徴とする電力計測装置。
- [請求項2] 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請求項1に記載された電力計測装置。
- [請求項3] 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請求項1に記載された電力計測装置。

- [請求項4] 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することを特徴とする請求項1に記載された電力計測装置。
- [請求項5] 前記磁性体は、硬磁性体であることを特徴とする請求項4に記載された電力計測装置。
- [請求項6] 前記磁性体は、軟磁性体であることを特徴とする請求項4に記載された電力計測装置。
- [請求項7] 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6の何れかに記載された電力計測装置。
- [請求項8] 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6の何れかに記載された電力計測装置。
- [請求項9] 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、

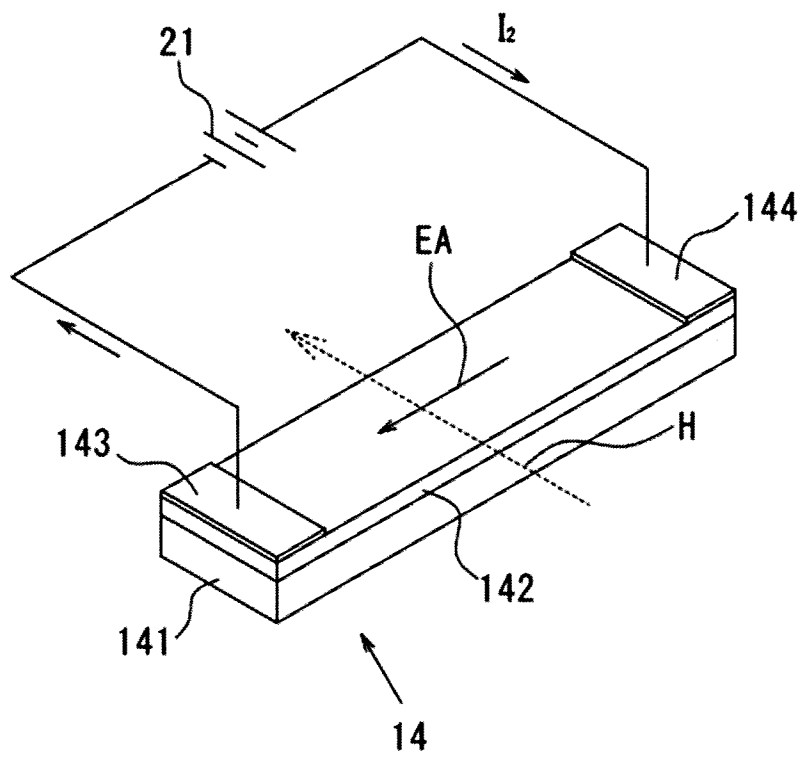
前記一方の接続端子に一方端を接続した疑似抵抗と、前記疑似抵抗の他方端に一方端が接続され、他方端が前記他方の接続端子に接続された疑似計測抵抗とを有し、

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 6 の何れかに記載された電力計測装置。

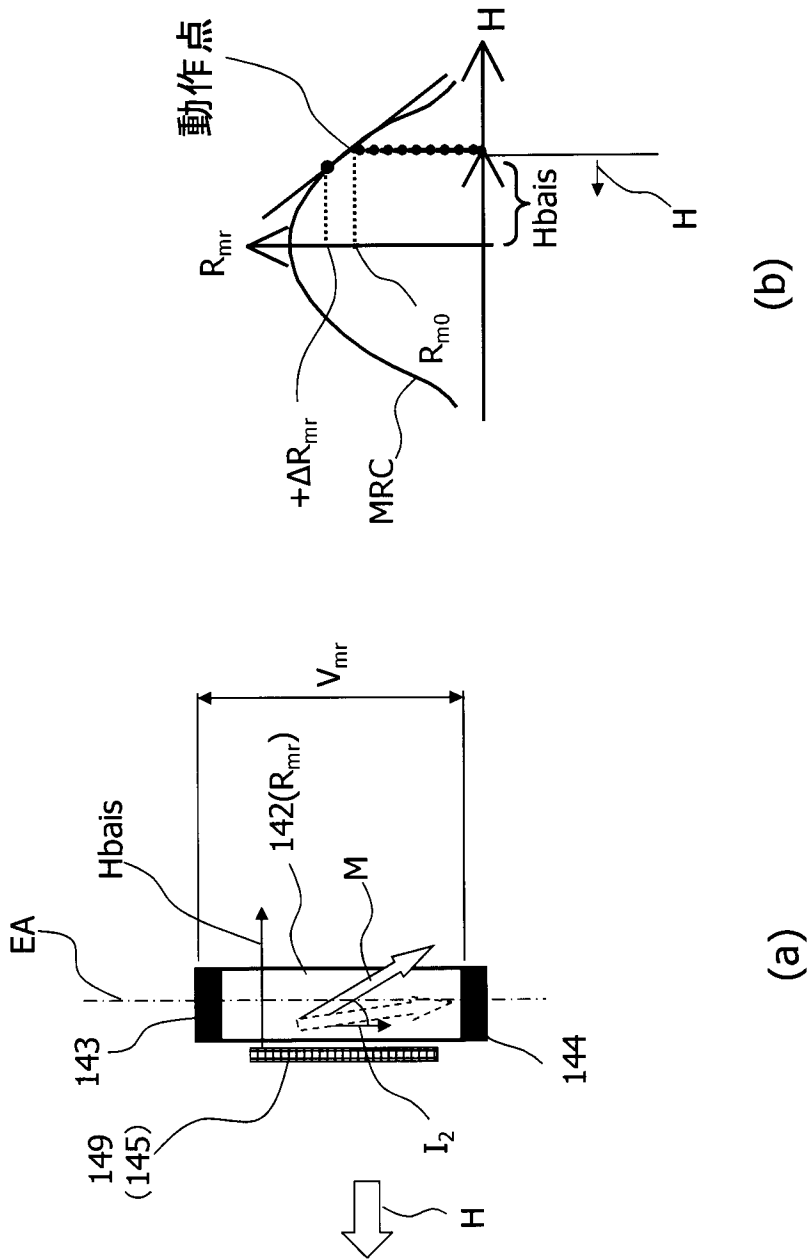
[請求項10]

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 に記載された電力計測装置。

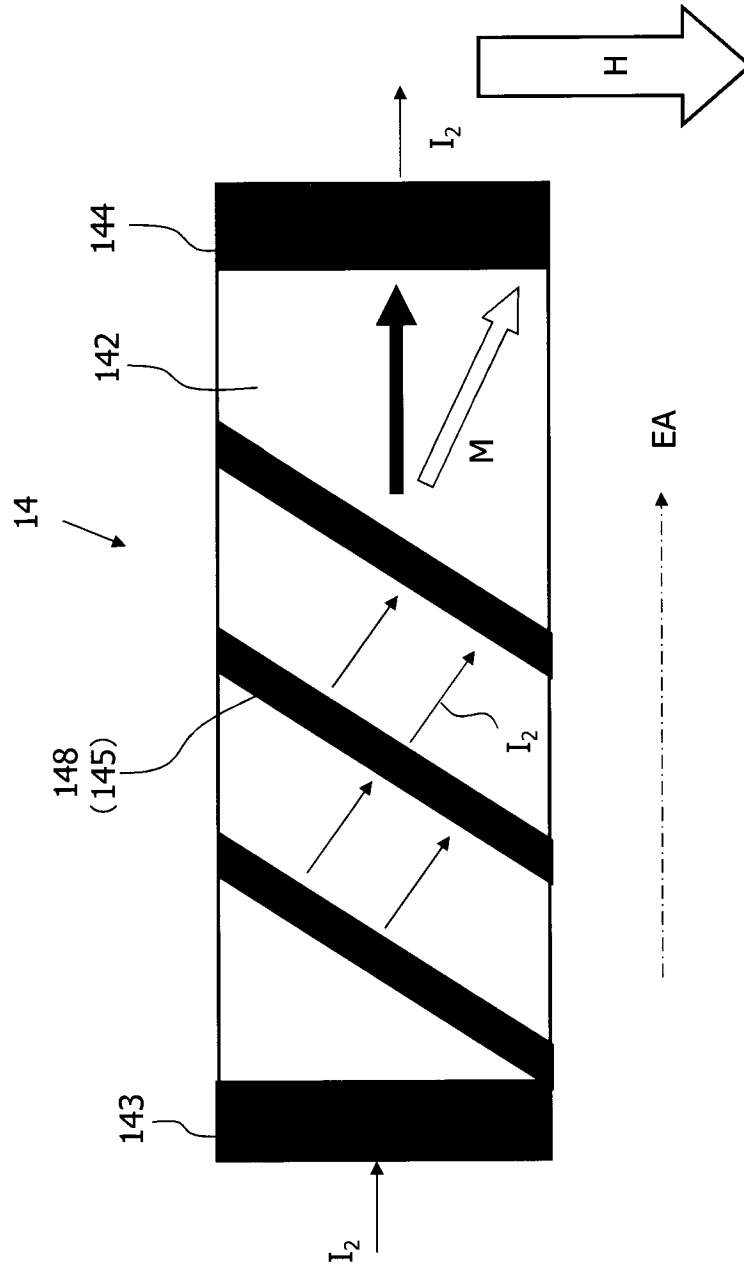
[図1]



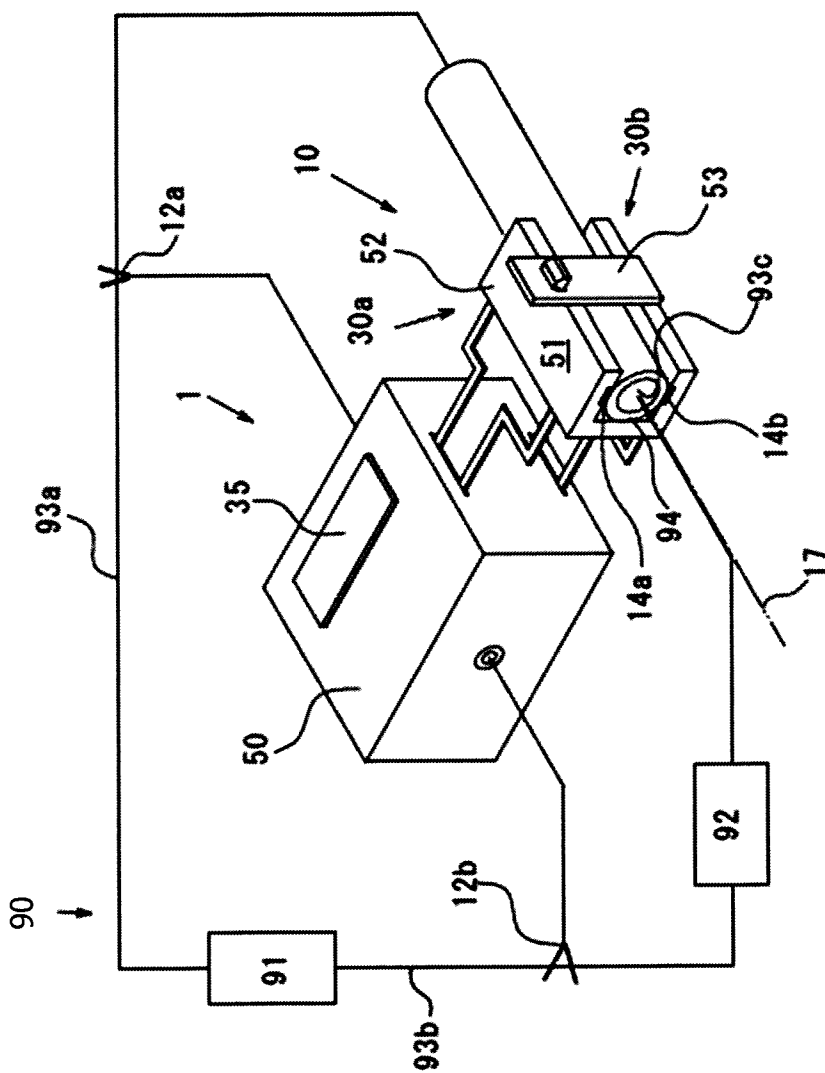
[図2]



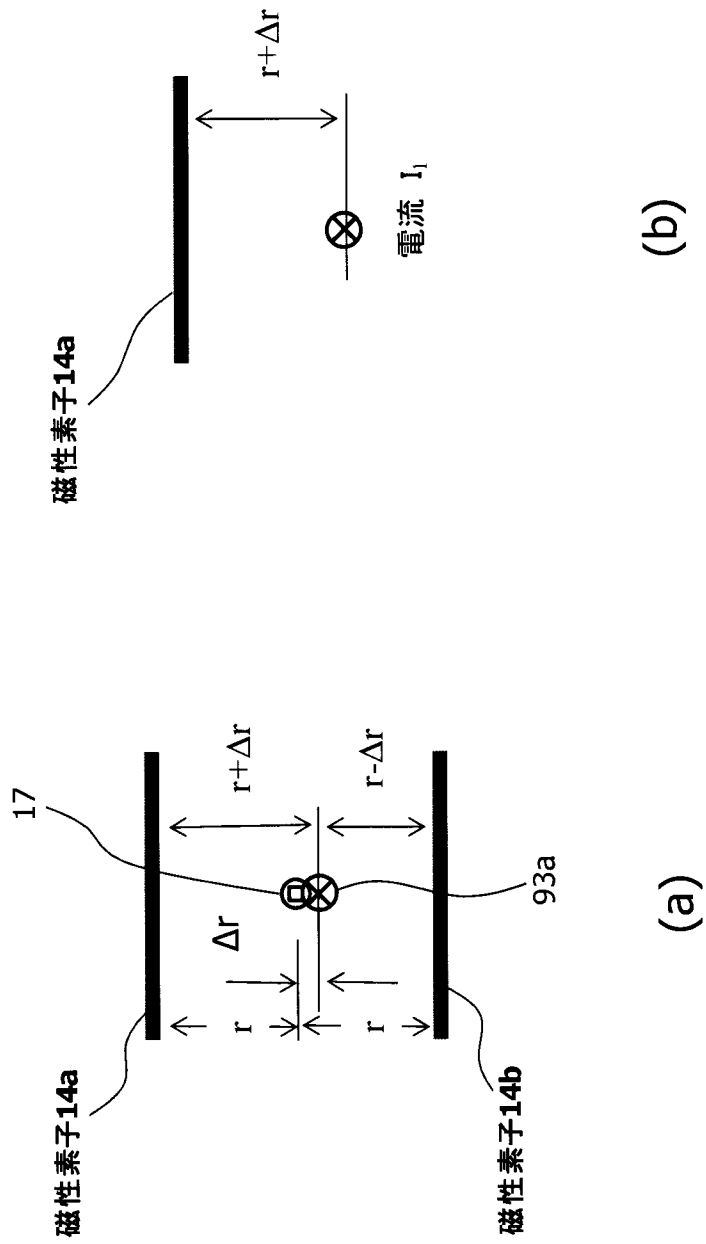
[図3]



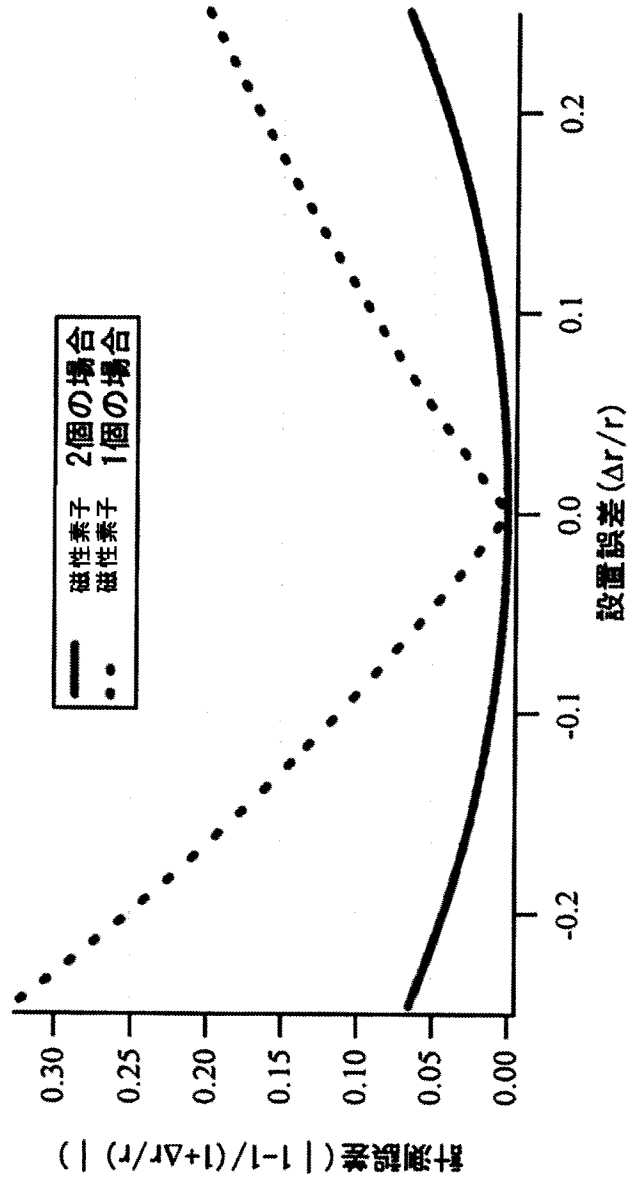
[図5]



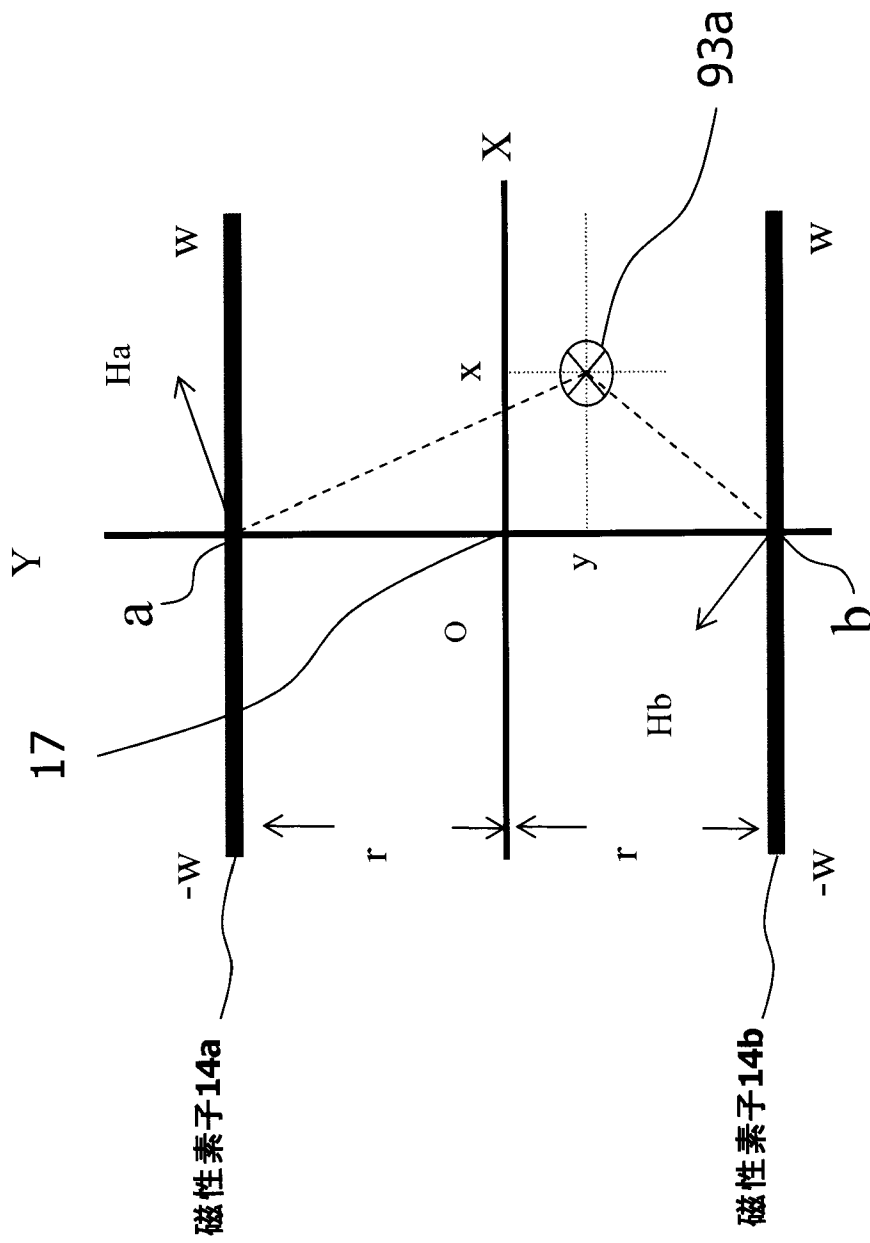
[図6]



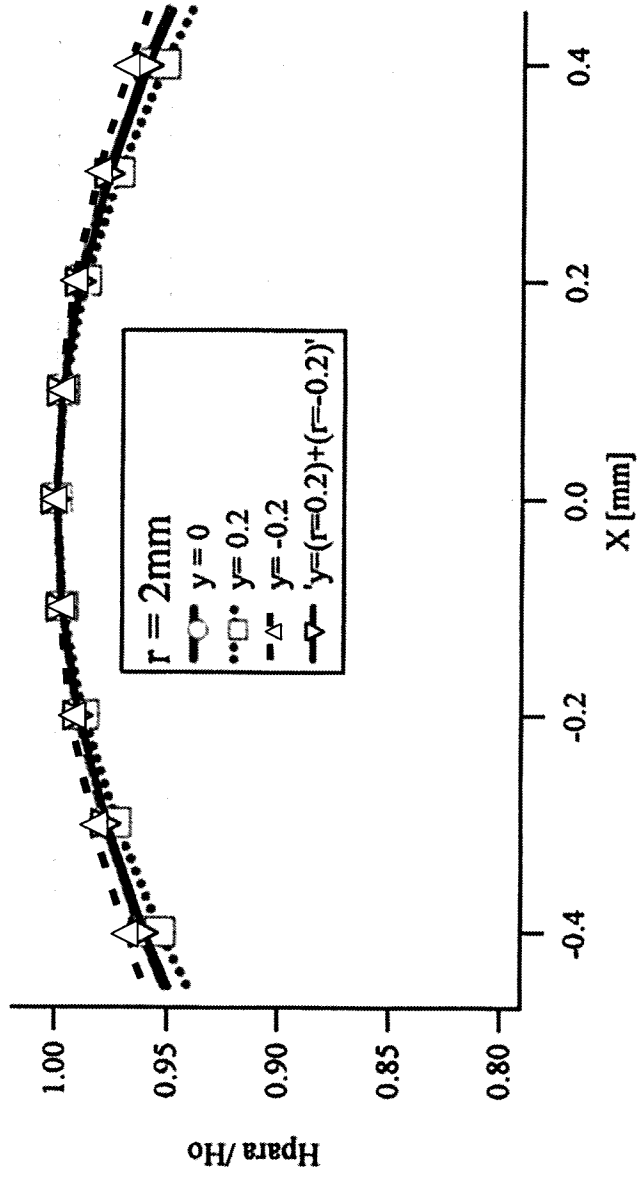
[図7]



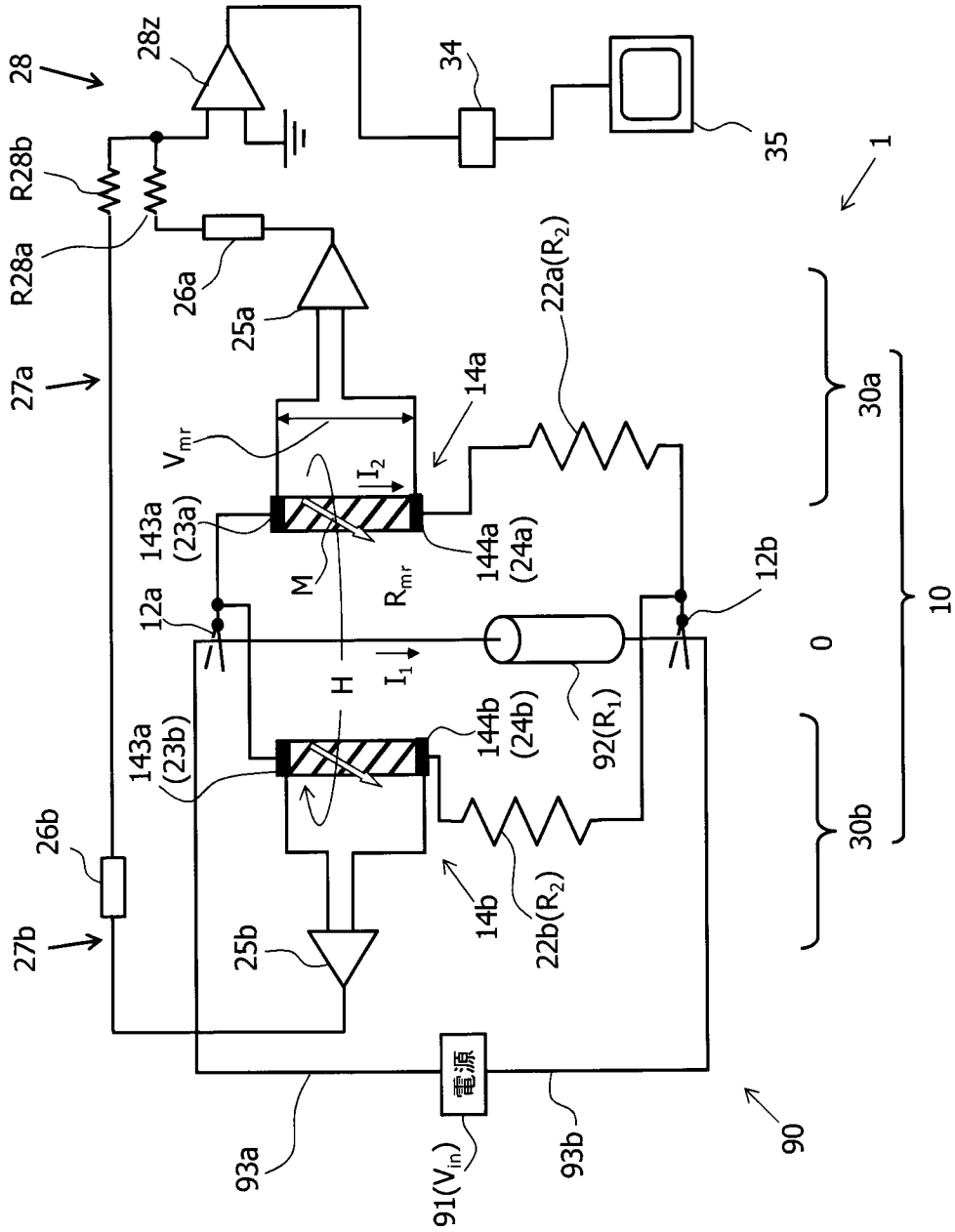
[図8]



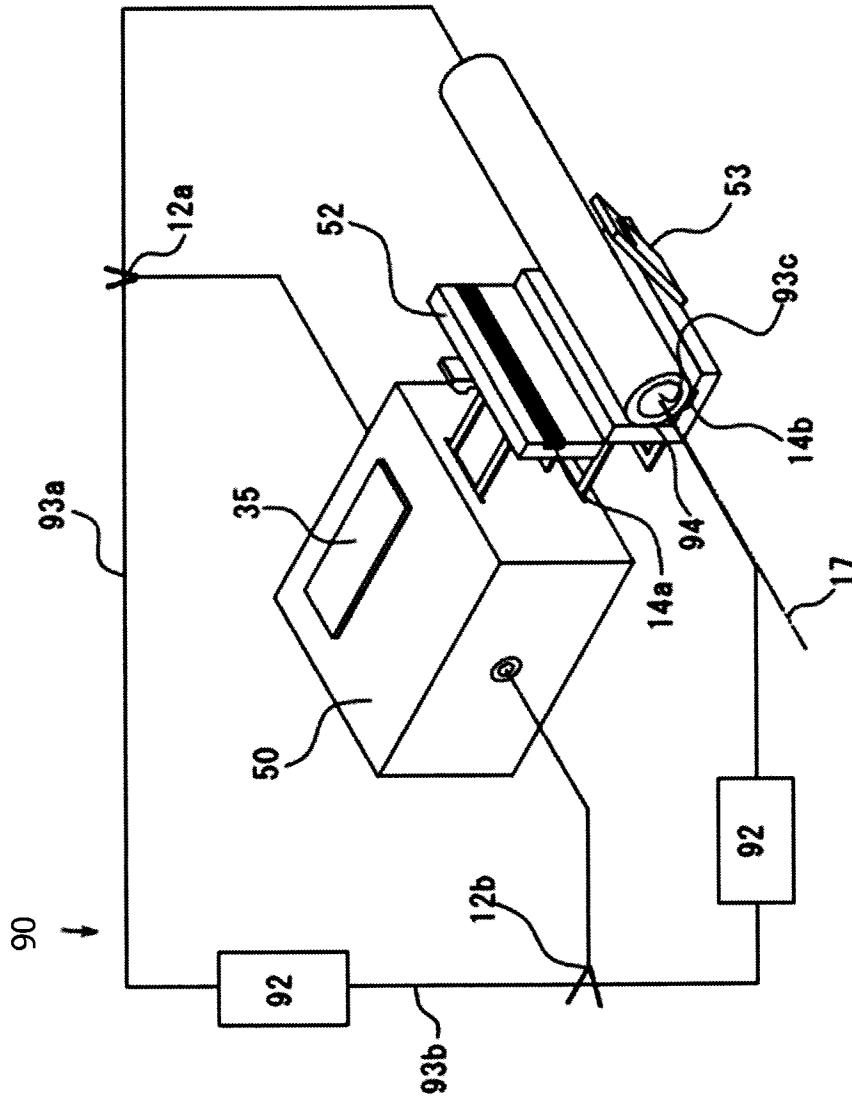
[図9]



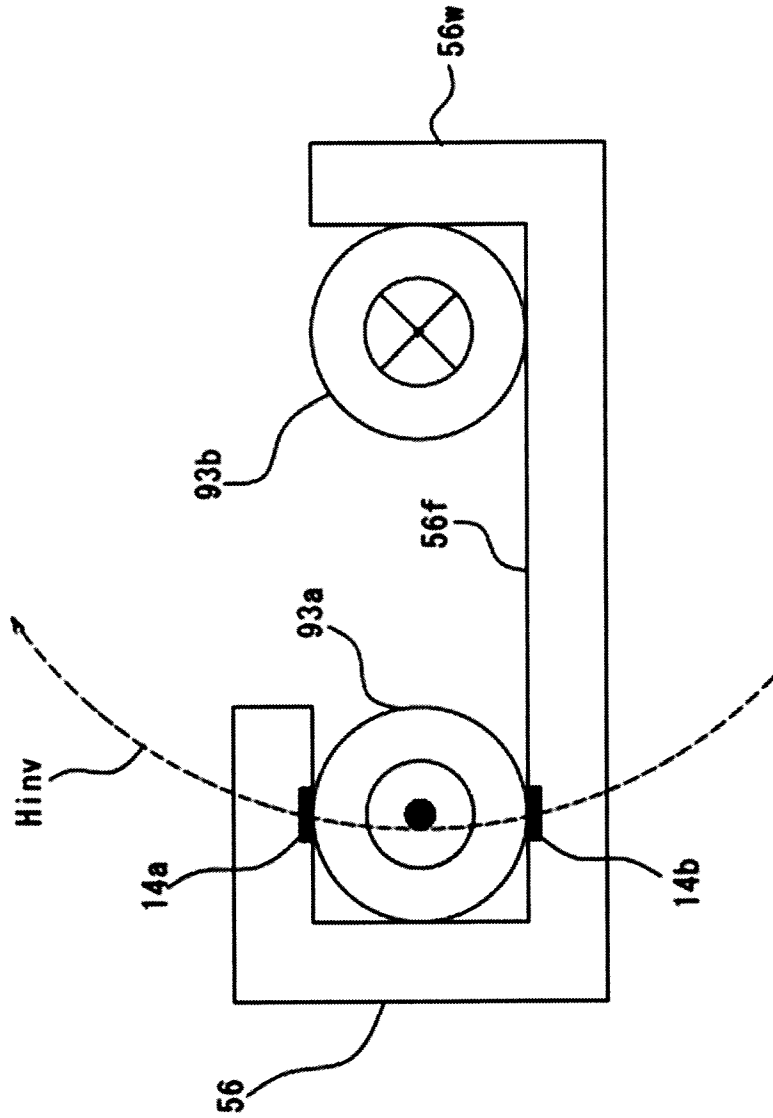
[図10]



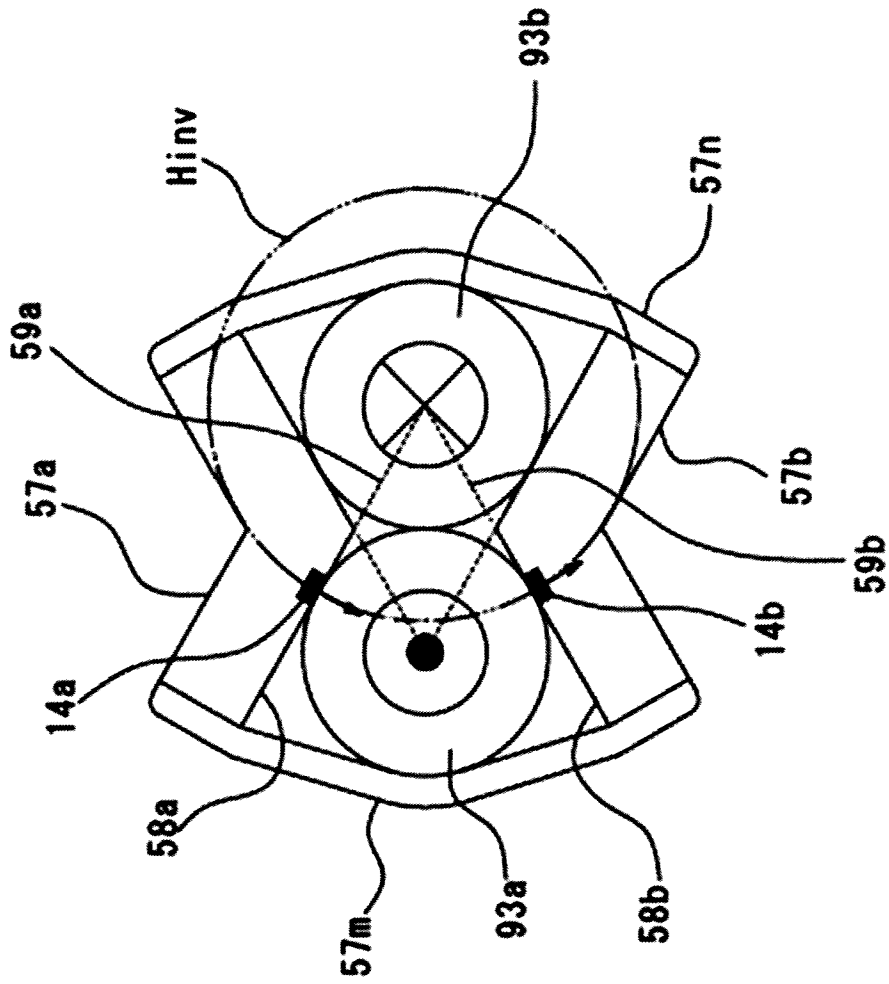
[図11]



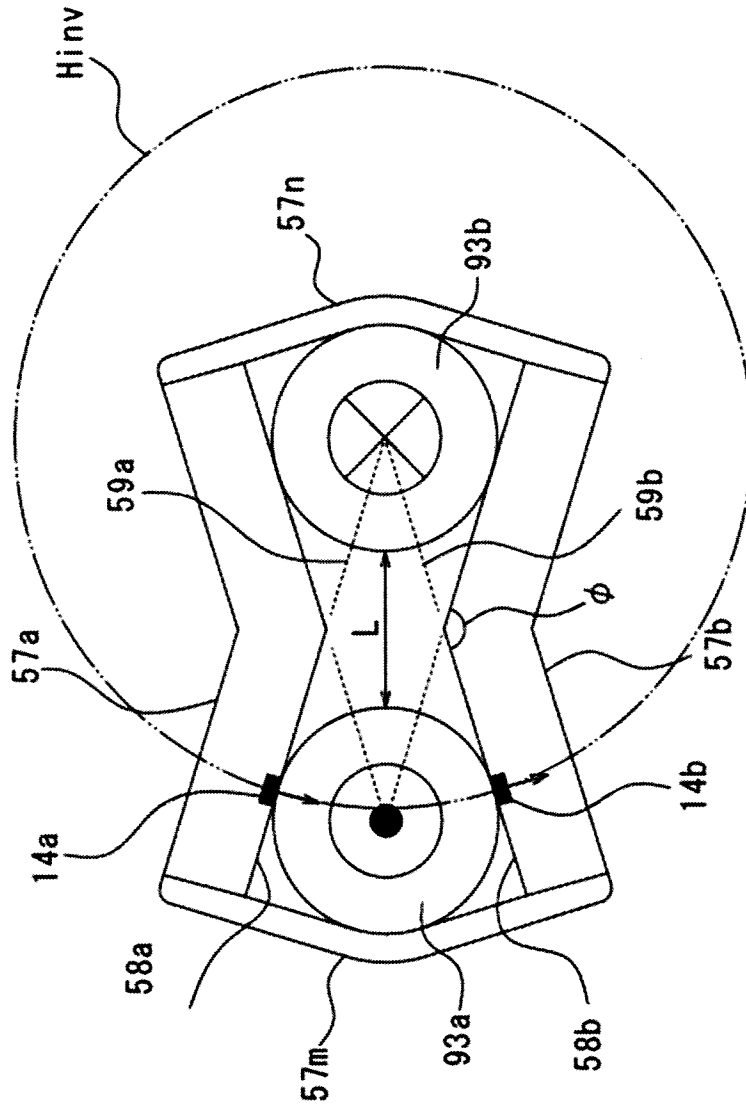
[図12]



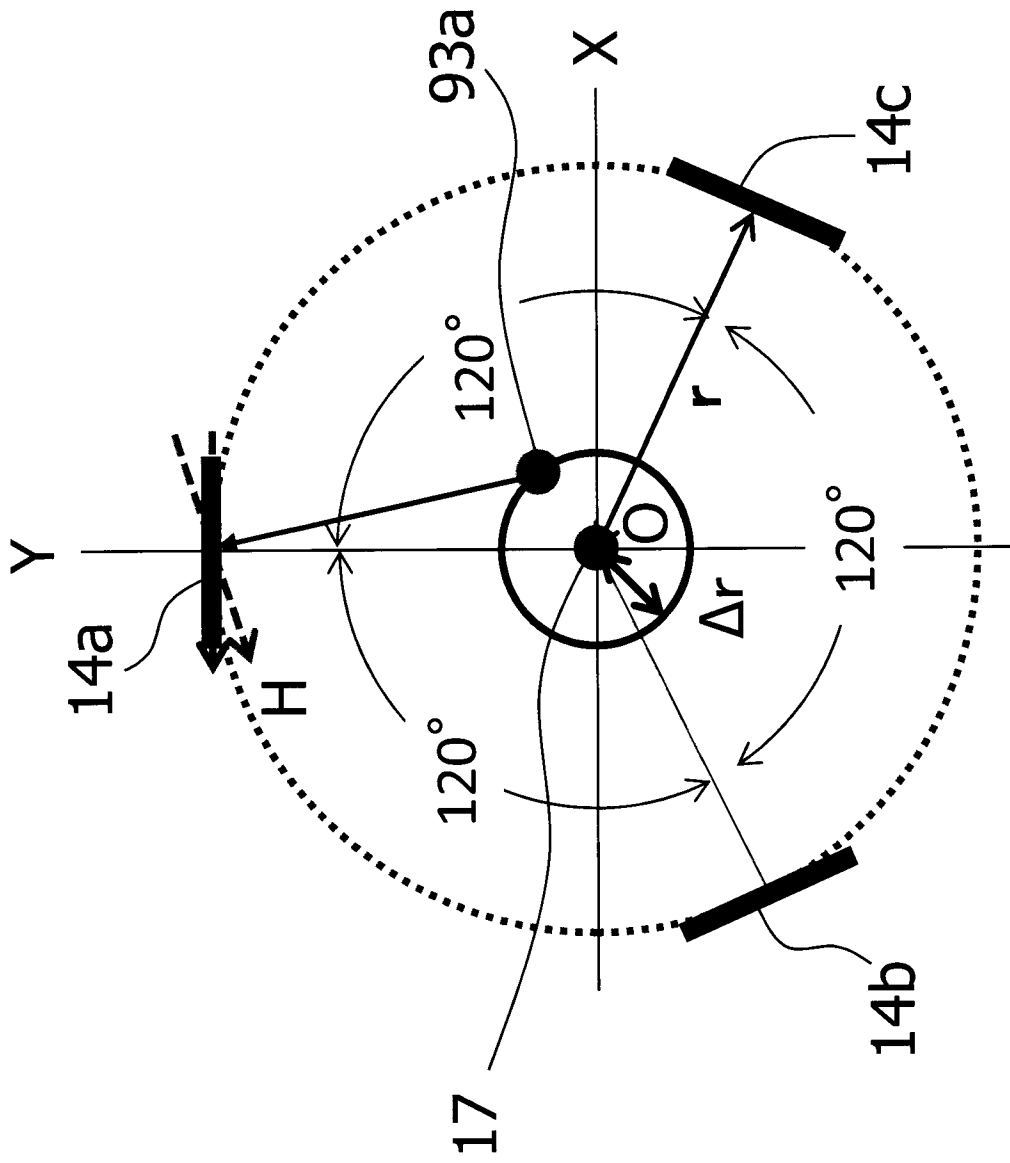
[図13]



[図14]

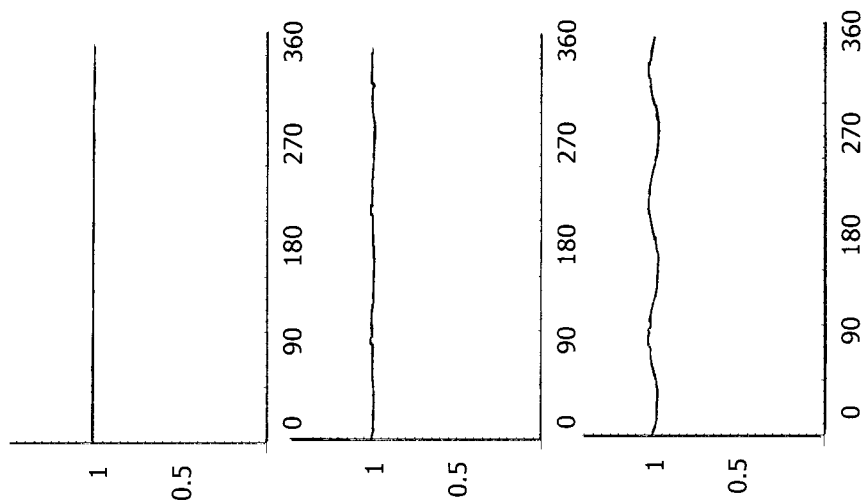


[図15]

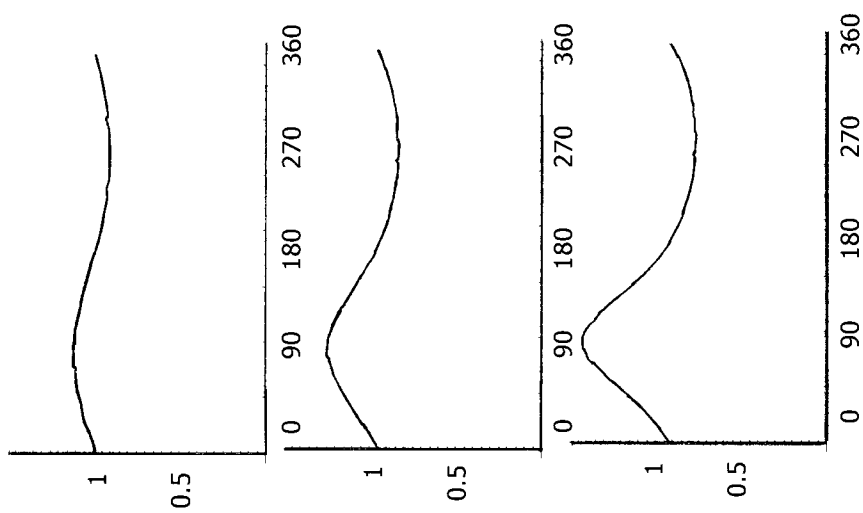


[図16]

磁性素子が3個の時の出力／3

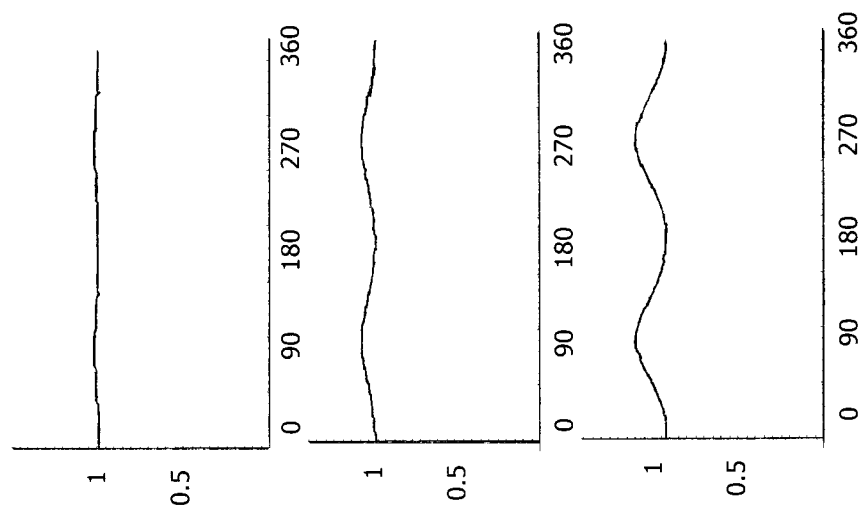


磁性素子が1個の時の出力

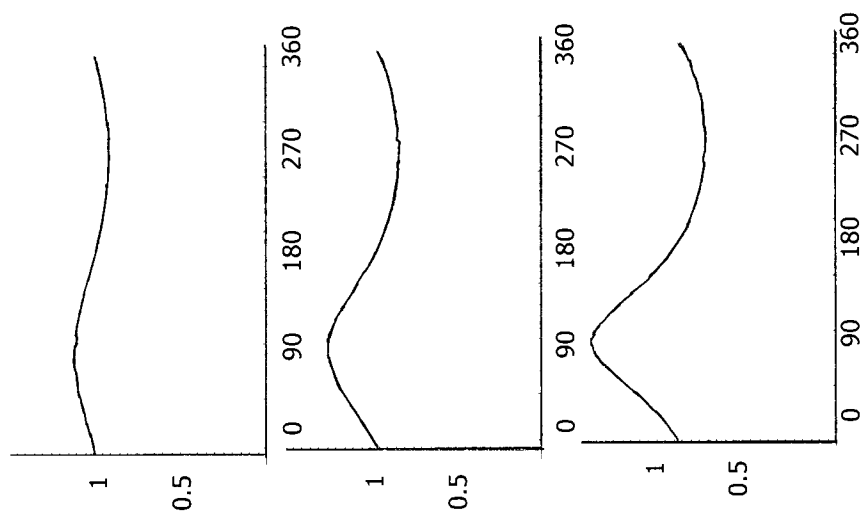
 $\Delta r/r=0.1$ $\Delta r/r=0.2$ $\Delta r/r=0.3$

[図17]

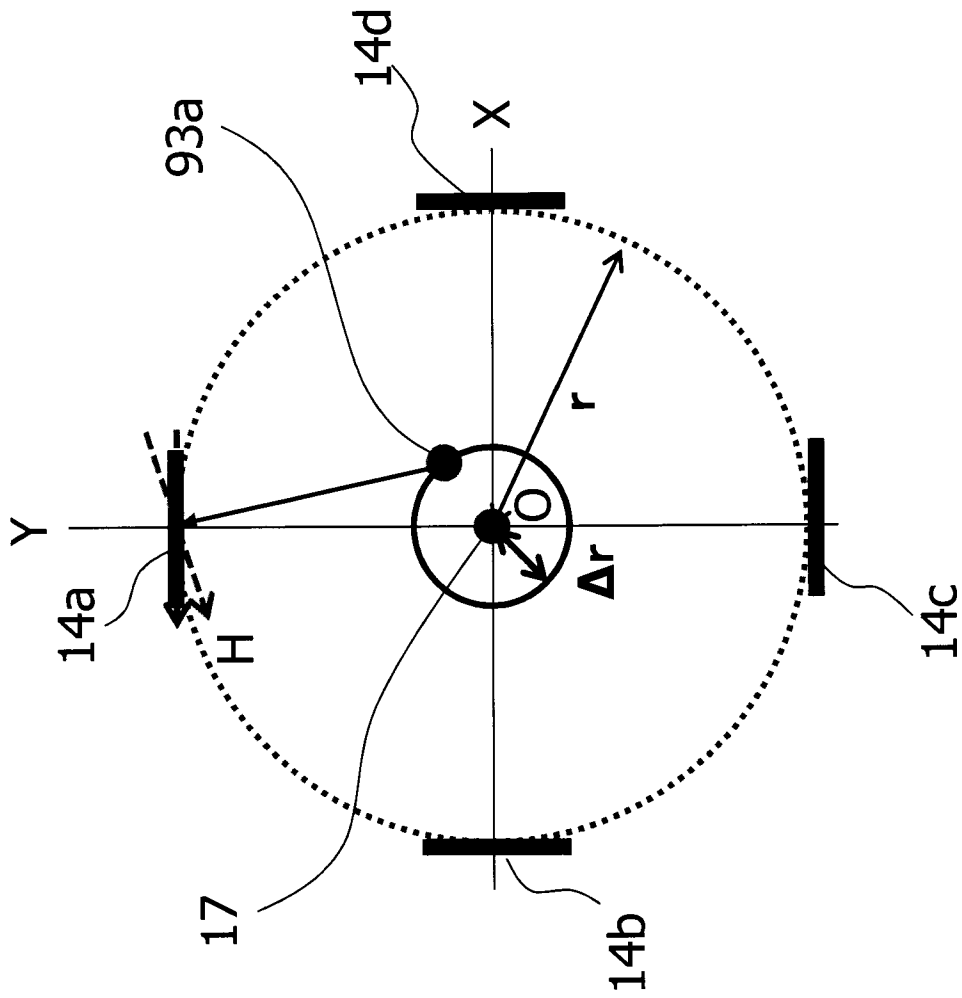
磁性素子が2個の時の出力／2



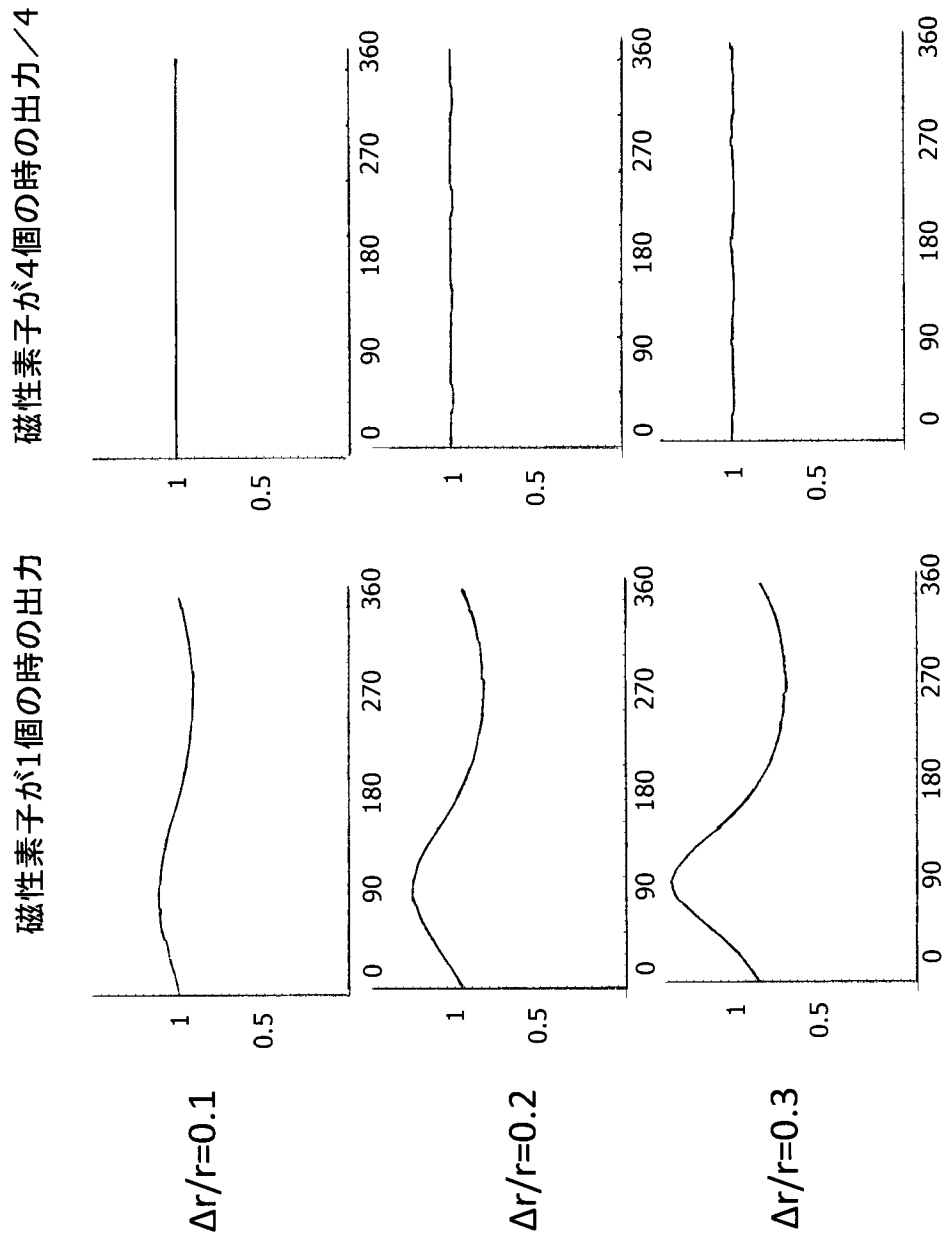
磁性素子が1個の時の出力

 $\Delta r/r=0.1$ $\Delta r/r=0.2$ $\Delta r/r=0.3$

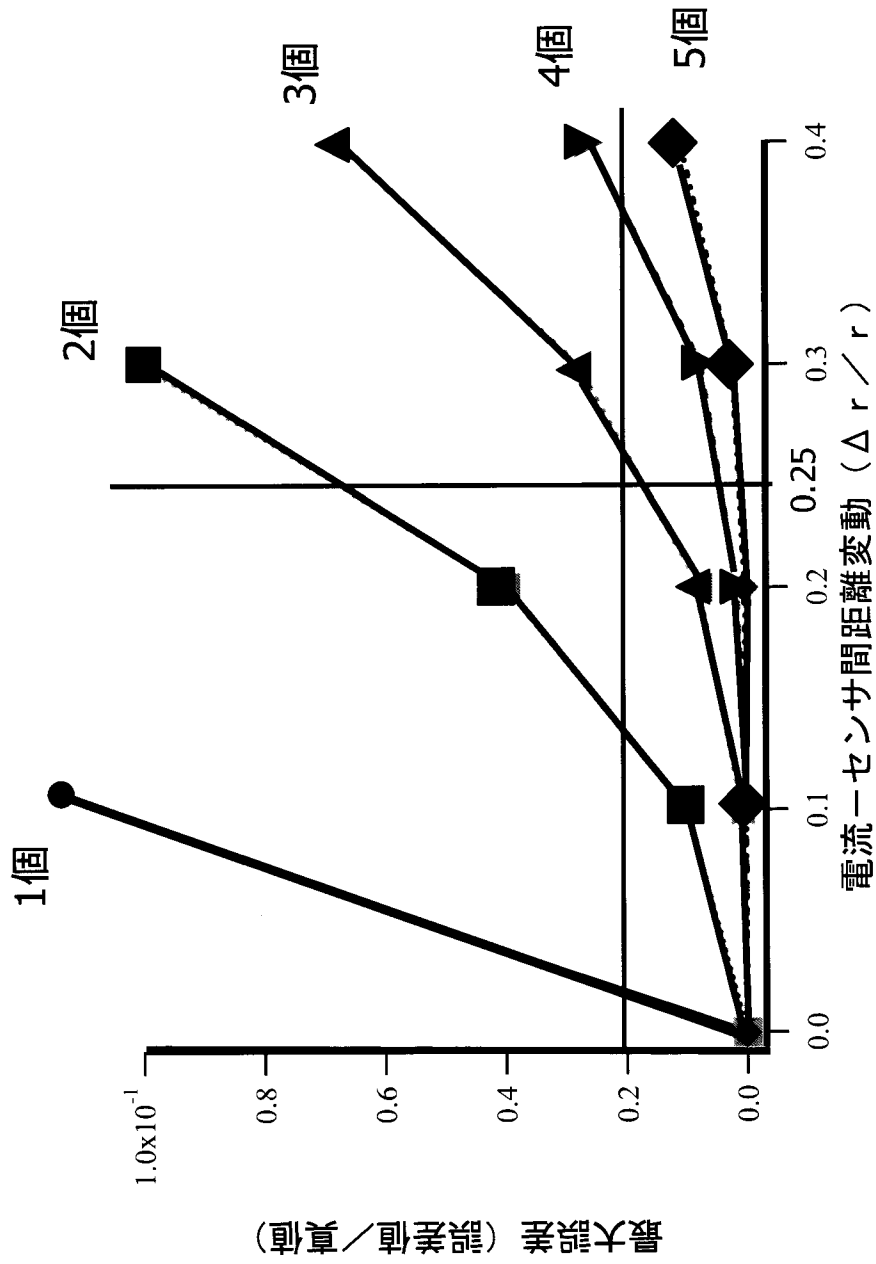
[図18]



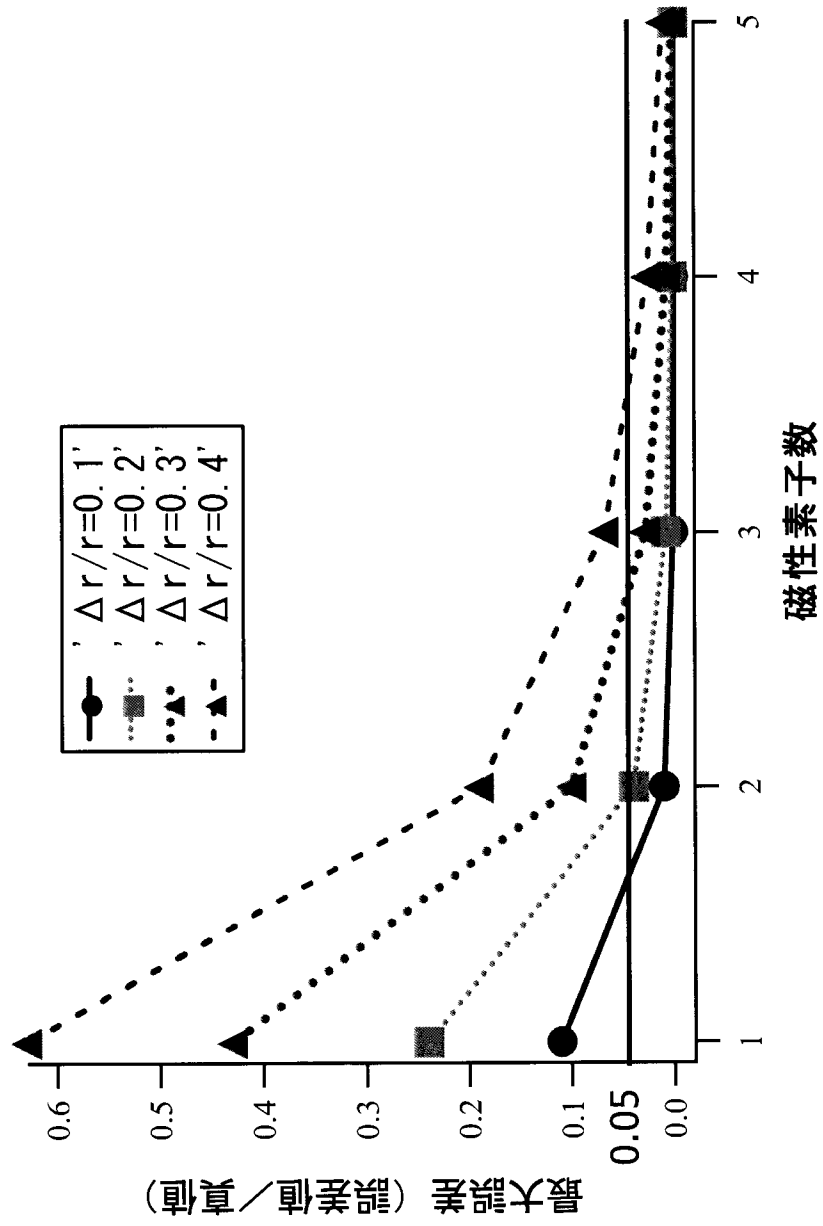
[図19]



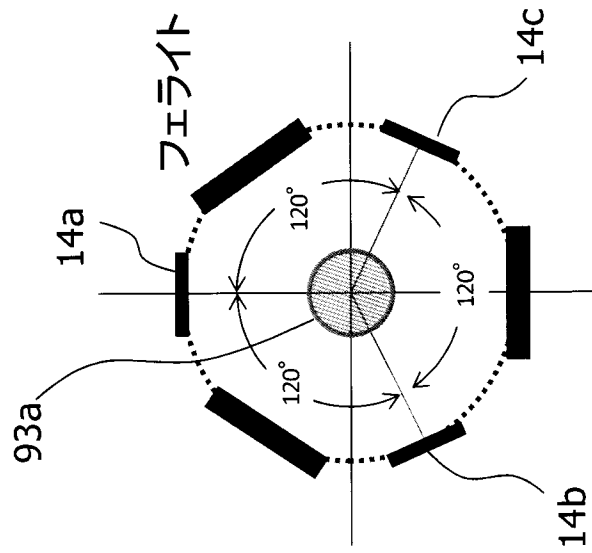
[図20]



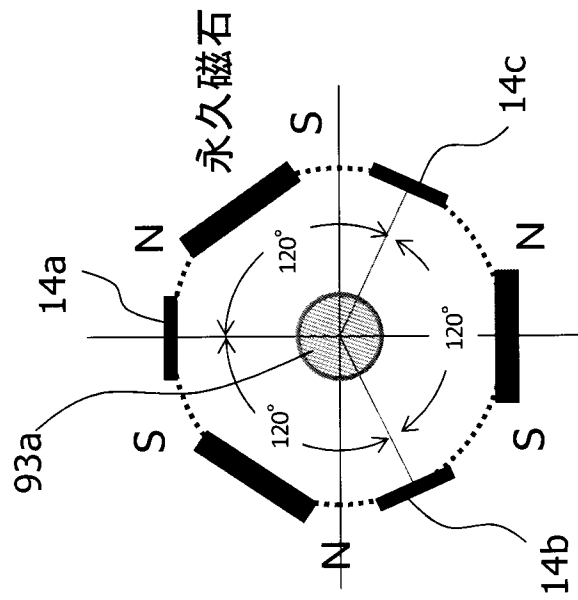
[図21]



[図22]

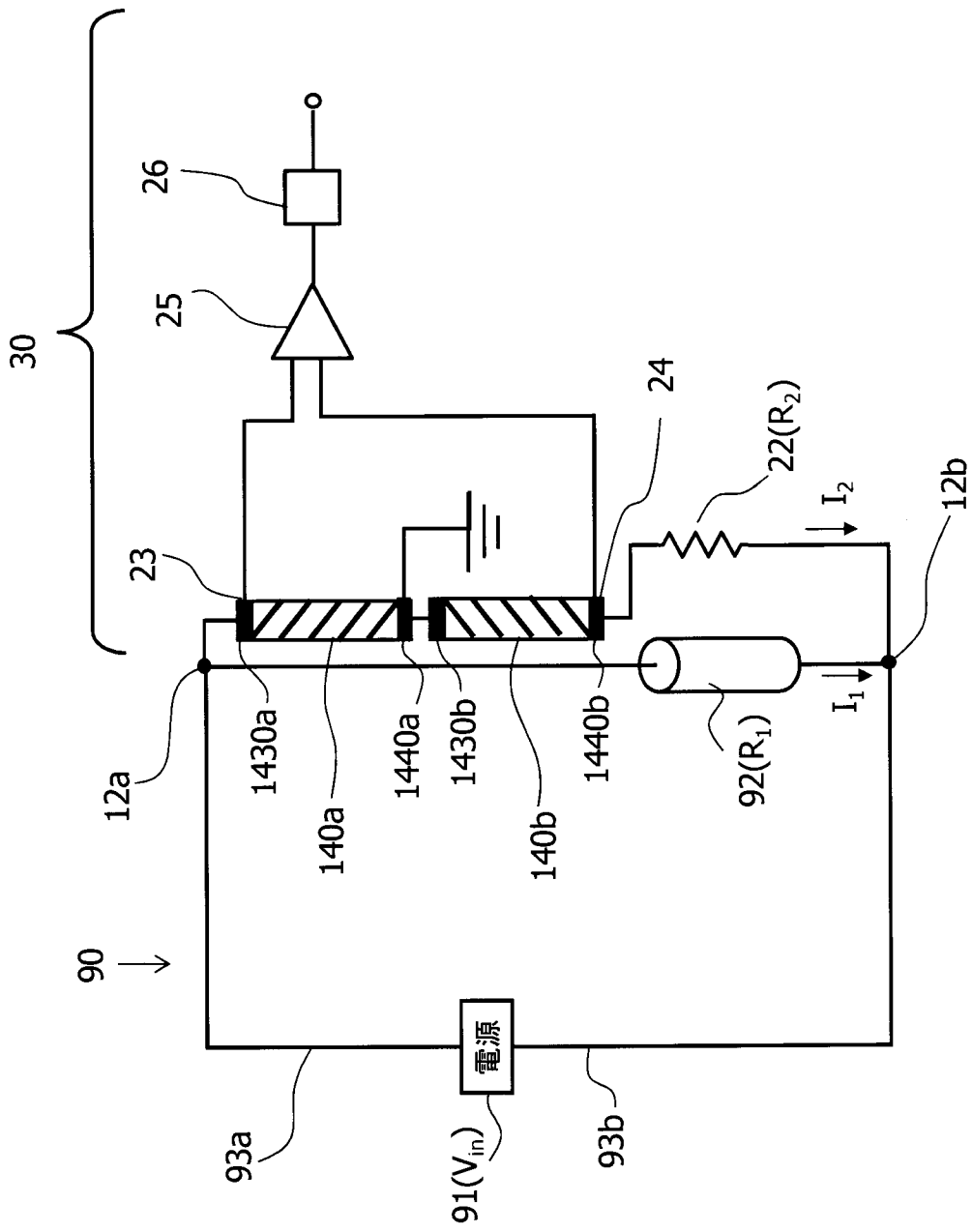


(b)

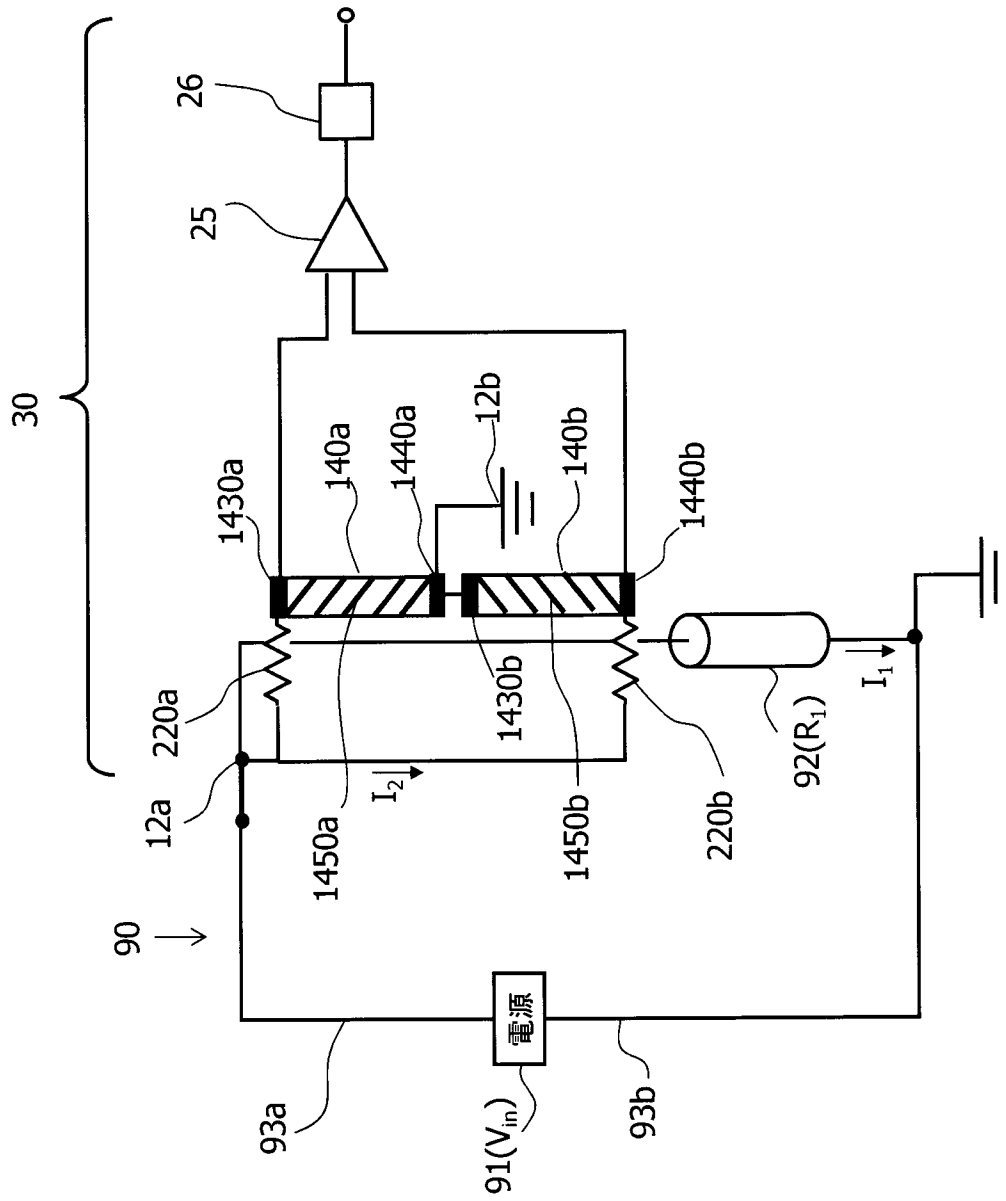


(a)

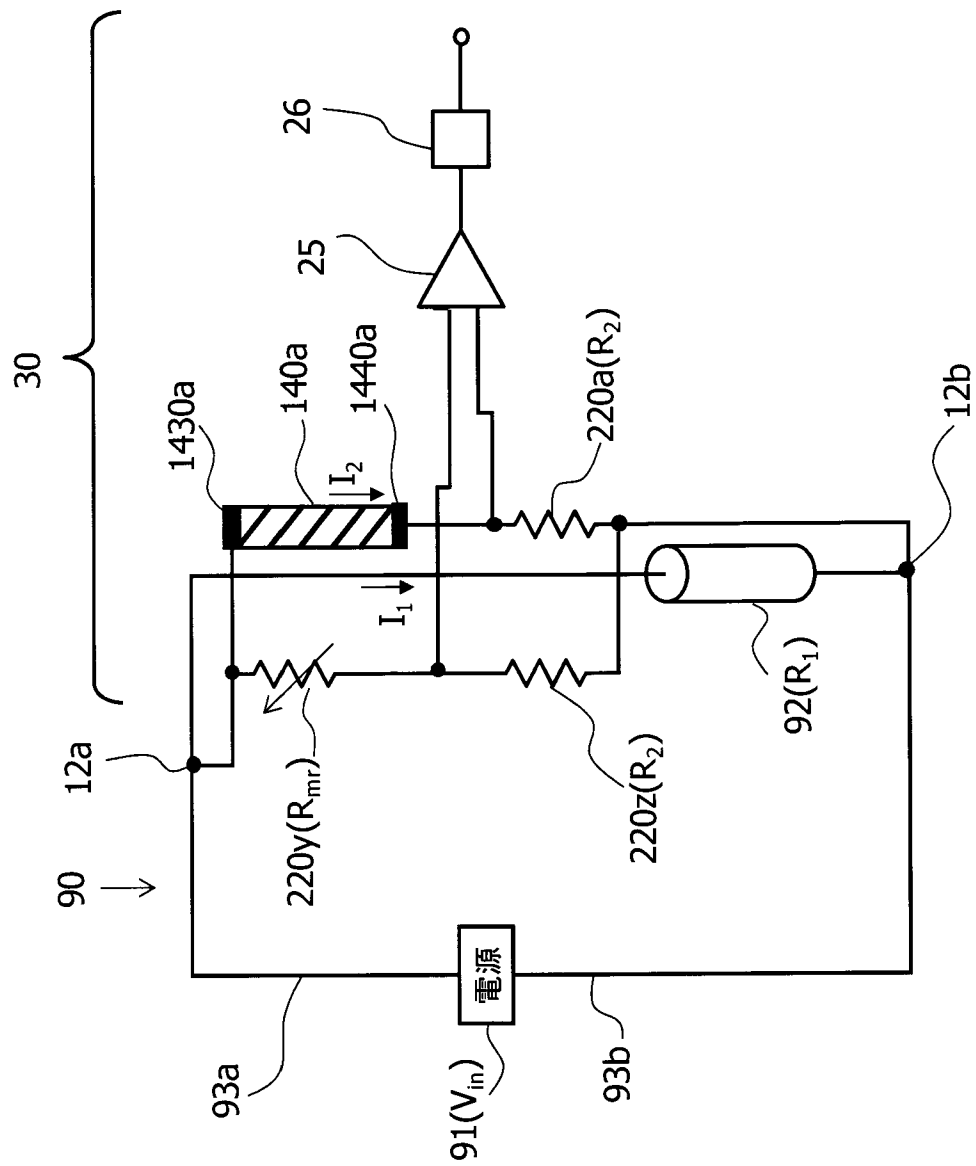
[図23]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/006856

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R21/08(2006.01)i, G01R11/06(2006.01)i, G01R11/12(2006.01)i

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)

G01R21/08, G01R11/06, G01R11/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, 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.
A	WO 2012/105459 A1 (Osaka City University), 09 August 2012 (09.08.2012), paragraphs [0046] to [0052]; fig. 6 (Family: none)	1-10
A	JP 2011-47731 A (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 10 March 2011 (10.03.2011), paragraphs [0035] to [0045]; fig. 1 to 2 & US 2012/0229131 A1 & EP 2461174 A1 & WO 2011/024923 A1	1-10
A	JP 64-74457 A (Fujitsu Ltd.), 20 March 1989 (20.03.1989), page 3, upper right column, lines 10 to 19; fig. 1 & US 5049809 A & EP 286079 A2	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family 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 application or patent 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
09 December, 2013 (09.12.13)

Date of mailing of the international search report
17 December, 2013 (17.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G01R21/08(2006.01)i, G01R11/06(2006.01)i, G01R11/12(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G01R21/08, G01R11/06, G01R11/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2013年
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年
 日本国登録実用新案公報 1994-2013年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2012/105459 A1（公立大学法人大阪市立大学）2012.08.09, 段落 [0046] - [0052], [図6]（ファミリーなし）	1-10
A	JP 2011-47731 A（パナソニック電気株式会社）2011.03.10, 段落 【0035】-【0045】、【図1】-【図2】 & US 2012/0229131 A1 & EP 2461174 A1 & WO 2011/024923 A1	1-10
A	JP 64-74457 A（富士通株式会社）1989.03.20, 第3頁右上欄第10-19 行, 第1図 & US 5049809 A & EP 286079 A2	1-10

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 09.12.2013	国際調査報告の発送日 17.12.2013
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 中村 和正 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2 S	4401
--	---	-----	------