

(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
2016年4月14日(14.04.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/056136 A1

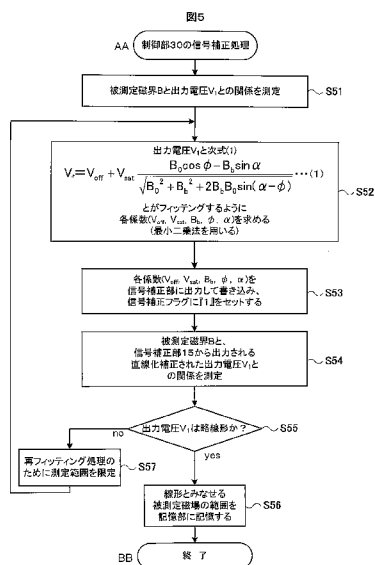
- (51) 国際特許分類:
G01R 15/20 (2006.01) G01R 33/09 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/077246
- (22) 国際出願日: 2014年10月10日(10.10.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日立金属株式会社(HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1088224 東京都港区港南一丁目2番70号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 二口 尚樹(FUTAKUCHI, Naoki); 〒1088224 東京都港区港南一丁目2番70号 日立金属株式会社内 Tokyo (JP). 千綿 直文(CHIWATA, Naofumi); 〒1088224 東京都港区港南一丁目2番70号 日立金属株式会社内 Tokyo (JP). 秋元 克弥(AKIMOTO, Katsuya); 〒1088224 東京都港区港南一丁目2番70号 日立金属株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 平田 忠雄(HIRATA, Tadao); 〒1690074 東京都新宿区北新宿二丁目21番1号 新宿フロントタワー29階 平田国際特許事務所 Tokyo (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, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: CURRENT DETECTION METHOD, CURRENT DETECTION DEVICE, SIGNAL CORRECTION METHOD FOR CURRENT DETECTION DEVICE, AND SIGNAL CORRECTION DEVICE FOR CURRENT DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 電流検出方法、電流検出装置、電流検出装置の信号補正方法、及び電流検出装置の信号補正装置



- S51 Measure relationship between measured electromagnetic field (B) and output voltage (V_1)
- S52 Find (using method of least squares) each factor (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , α) in formula (1) such that output voltage (V_1) is fitted to the formula
- S53 Write each factor (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , α) into signal correction unit and set "1" to signal correction flag
- S54 Measure relationship between measured electromagnetic field (B) and output voltage (V_1) that has undergone linearization correction and is outputted from signal correction unit (15)
- S55 Is output voltage (V_1) approximately linear?
- S56 Store in storage unit range of measured magnetic fields for which linearity is determined
- S57 Restrict measured range for the purpose of re-fitting
- AA Signal correction processing by control unit (30)
- BB End

(57) Abstract: [Problem] To make the relationship of output voltage to magnetic flux density an approximately linear relationship that has high linearity. [Solution] The present invention: supplies a current detection device (10/10A), which is provided with magnetism detection elements (11, 12) that output a voltage signal (V_{out}) that corresponds to magnetic flux density (B), with magnetic flux densities (B) in a range that can be detected by the magnetism detection elements (11, 12); acquires measured value data that is obtained as a result of the abovementioned process and that indicates the relationship between magnetic flux density (B) and an output voltage signal (V_1) for the current detection device (10/10A); performs computational processing so as to fit the acquired measured value data to a formula that includes a plurality of factors (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , α /A1-A5) and that indicates the output voltage of the magnetism detection elements (11, 12), and calculates the plurality of factors; and outputs a corrected voltage signal (V_L) wherein the output voltage signal (V_1) from the magnetism detection elements (11, 12) has been corrected in accordance with the calculated plurality of factors so as to be approximately linear with respect to magnetic flux density (B).

(57) 要約: 【課題】磁束密度に対する出力電圧の関係を直線性の高い略線形とする。

[続葉有]

WO 2016/056136 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

【解決手段】磁束密度 (B) に対応した電圧信号 (V_{out}) を出力する磁気検出素子 (11, 12) を備えた電流検出装置 (10/10A) に対して、磁気検出素子 (11, 12) が検出可能な範囲の磁束密度 (B) を供給する。これによって得られる、磁束密度 (B) と電流検出装置 (10/10A) の出力電圧信号 (V_i) との関係を示す測定値データを取得する。取得した測定値データと、複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を含んで構成される磁気検出素子 (11, 12) の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理して、複数の係数群を算出する。算出された複数の係数群に従って、磁気検出素子 (11, 12) からの出力電圧信号 (V_i) を磁束密度 (B) に対して略線形となるように補正した補正電圧信号 (V_L) を出力する。

明 細 書

発明の名称：

電流検出方法、電流検出装置、電流検出装置の信号補正方法、及び電流検出装置の信号補正装置

技術分野

[0001] 本発明は、導体を流れる電流によって発生する磁界を測定することによってその電流値を検出する電流検出方法、電流検出装置、電流検出装置の信号補正方法、及び電流検出装置の信号補正装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、異方性磁気抵抗（AMR（Anisotropic Magneto Resistive）効果を用いたAMR素子や巨大磁気抵抗（GMR（Giant Magneto Resistive））効果を用いたGMR素子など磁気抵抗効果素子を用いた電流検出装置が知られている（例えば、特許文献1参照）。

[0003] 特許文献1に記載の電流検出装置は、抵抗値が比較的、直線的に変化する領域内の磁界をバイアス磁界として選択し、このバイアス磁界を磁気抵抗効果素子に印加して、バイアス磁界を中心とした磁界の領域内で、被測定磁界を測定する方法を採用しているが、抵抗値が直線的に変化する領域が狭いため、測定できる磁界の範囲が非常に狭くなるという課題を有している。そして、その解決手段として、磁気抵抗効果素子に対して、複数の値を含むバイアス磁界を印加するバイアス磁界印加手段を設けている。これにより、簡単な構成で、磁界と出力との直線性を向上でき、測定範囲を広くしている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2000-055997号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献 1 に記載の電流検出装置では、バイアス磁界を変化させることによって磁界と出力、すなわち検出する磁束密度と出力電圧との関係の直線性を擬似的に向上させているだけに過ぎず、磁気抵抗効果素子の磁束密度と出力電圧との関係は、依然として非線形のままであり、磁束密度と出力電圧とが直線的な関係となっている範囲（磁束密度と出力電圧との関係が線形とみなせる範囲）だけを使用しているものである。従って、磁気抵抗効果素子を用いて有効に検出することのできる磁束密度の範囲は狭くなり、磁気抵抗効果素子を配置する際の自由度も比較的低くなってしまうおそれがある。

[0006] そこで、本発明は、磁束密度に対する出力電圧の関係を直線性の高い略線形とすることのできる電流検出方法、電流検出装置、電流検出装置の信号補正方法、及び電流検出装置の信号補正装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、上記課題を解決することを目的として、磁束密度を検出し、前記磁束密度に対応した電圧信号を出力する磁気検出素子を備えた電流検出装置に対して、前記磁気検出素子が検出可能な範囲の磁束密度を供給することによって得られる、前記磁束密度と前記電流検出装置の出力電圧信号との関係を示す測定値データを取得し、取得した前記測定値データと、複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって前記複数の係数群を算出し、算出された前記複数の係数群に従って、前記磁気検出素子からの出力電圧信号を前記磁束密度に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号を出力する、電流検出方法を提供する。

[0008] また、本発明は、上記課題を解決することを目的として、磁束密度を検出し、前記磁束密度に対応した電圧信号を出力する磁気検出素子と、前記磁気検出素子に磁束密度を供給することによって得られる磁束密度と出力電圧信号との関係を示す測定値データと、複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理す

ることによって得られた前記複数の係数群に従って、前記磁気検出素子からの出力電圧信号を前記磁束密度に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号を出力する信号補正手段と、を備えた電流検出装置を提供する。

[0009] さらに、本発明は、上記課題を解決することを目的として、磁束密度を検出し、前記磁束密度に対応した電圧信号を出力する磁気検出素子と、複数の係数群を記憶する記憶部を備えており、前記記憶部に前記複数の係数群が記憶されていない場合には、前記磁気検出素子からの出力電圧信号をそのまま出力し、前記記憶部に前記複数の係数群が記憶されている場合には、前記複数の係数群に従って、前記磁気検出素子からの出力電圧信号を前記磁束密度に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号を出力する信号補正手段と、を備えた電流検出装置であって、前記信号補正手段の前記記憶部に前記複数の係数群が記憶されていない電流検出装置に対して、前記磁気検出素子が検出可能な範囲の磁束密度を供給することによって得られる、前記磁束密度と前記電流検出装置の出力電圧信号との関係を示す測定値データを取得し、取得した前記測定値データと、複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって前記複数の係数群を算出し、算出された前記複数の係数群を前記信号補正手段の前記記憶部に記憶する、電流検出装置の信号補正方法を提供する。

[0010] またさらに、本発明は、上記課題を解決することを目的として、磁束密度を検出し、前記磁束密度に対応した電圧信号を出力する磁気検出素子を備えた電流検出装置に対して、前記磁気検出素子が検出可能な範囲の磁束密度を供給することによって得られる、前記磁束密度と前記電流検出装置の出力電圧信号との関係を示す測定値データを取得し、取得した前記測定値データと、複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって前記複数の係数群を算出し、前記複数の係数群に従って前記磁気検出素子からの出力電圧信号

を前記磁束密度に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号を出力する信号補正手段の前記記憶部に、算出された前記複数の係数群を記憶し、前記複数の係数群を前記記憶部に記憶した前記信号補正手段を、前記電流検出装置の信号補正装置として使用する、電流検出装置の信号補正方法を提供する。

[0011] またさらに、本発明は、上記課題を解決することを目的として、磁束密度を検出し、前記磁束密度に対応した電圧信号を出力する磁気検出素子を備えた電流検出装置に接続され、前記出力電圧信号を補正して出力する電流検出装置の信号補正装置であって、前記磁気検出素子に磁束密度を供給することによって得られる磁束密度と出力電圧信号との関係を示す測定値データと、複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって得られた前記複数の係数群に従って、前記磁気検出素子からの出力電圧信号を前記磁束密度に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号を出力する、電流検出装置の信号補正装置を提供する。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、磁束密度に対する出力電圧の関係を直線性の高い略線形とすることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1A]本発明の第1の実施の形態に係る電流検出方法、電流検出装置、及び電流検出装置の信号補正方法で使用される磁気検出素子の磁気検出原理を示す図である。

[図1B]本発明の第1の実施の形態に係る電流検出方法及び電流検出装置の概略構造を示す図である。

[図2]本発明の第1の実施の形態に係る電流検出方法、電流検出装置、及び電流検出装置の信号補正方法の概略構成を示す図である。

[図3]図2において、電流検出装置に、被測定磁界を印加する磁界発生装置の概略構成を示す図である。

[図4]被測定磁界 B を横軸、出力電圧信号 V_1 を縦軸とする測定結果の一例を示す図である。

[図5]図2の制御部が実行する信号補正処理の一例を示す図である。

[図6]図2の信号補正部が実行する信号補正処理の一例を示す図である。

[図7]電流検出装置内の磁気検出素子に対するバイアス磁界 B_0 、被測定磁界 B 、及び合成磁界 B_0 との関係を示す図である。

[図8]図2の信号補正部が実行した信号補正処理の結果である略直線化補正された出力電圧信号 V_1 の一例を示す図である。

[図9]本発明の第2の実施の形態に係る電流検出方法、電流検出装置の信号補正方法及び電流検出装置の信号補正装置の概略構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] [第1の実施の形態]

以下、本発明の第1の実施の形態について、図1A乃至図8を参照して説明する。

[0015] 図1Aは、本発明の第1の実施の形態に係る電流検出方法、電流検出装置及び電流検出装置の信号補正方法で使用される磁気検出素子の磁気検出原理を示す図である。磁気検出素子11は、GMR素子から構成される。磁気検出素子11は、磁化方向 M_0 の固定された固定層と、磁化方向 M_0 と略直交する方向に印加されたバイアス磁界 B_0 と被測定磁界 B によって磁化方向 θ の変化する自由層と、これら固定層と自由層を分離する非磁性層とが積層されて構成されている。被測定磁界 B は、被測定電流によって発生する磁界のことであり、 θ は固定層の磁化方向 M_0 を基準とした自由層の磁化方向の角度のことである。

[0016] 磁気検出素子11では、被測定磁界 B の印加方向が固定層の磁化方向 M_0 と同方向でほぼ平行で、かつ被測定磁界 B の大きさがバイアス磁界 B_0 の大きさに対して十分大きい場合、バイアス磁界 B_0 と被測定磁界 B の合成磁界 B_0 が固定層の磁化方向 M_0 と成す角度 θ が小さくなり、それに伴って固定層、非磁性層、自由層の積層方向の電流密度分布が広くなり抵抗値 R も低くなる。

[0017] 逆に、被測定磁界 B の印加方向が固定層の磁化方向 M_p と逆方向でほぼ平行で、かつ被測定磁界 B の大きさがバイアス磁界 B_b の大きさに対して十分大きい場合、合成磁界 B_0 が固定層の磁化方向 M_p と成す角度 θ が大きくなり、それに伴って固定層、非磁性層、自由層の積層方向の電流密度分布が狭くなり抵抗値 R も高くなる。すなわち、バイアス磁界 B_b と被測定磁界 B の合成磁界 B_0 の方向に従って自由層の磁化方向が回転し、自由層の磁化方向の回転量に応じて磁気検出素子 11 の抵抗値が変化する。

[0018] バイアス磁界 B_b には、磁気検出素子 11 のヒステリシスを抑制する働きがある。バイアス磁界 B_b を強くすることによって感度を低下させ、結果として線形範囲を拡大させることもできる。

[0019] 図 1 B は、本発明の第 1 の実施の形態に係る電流検出装置の概略構造を示す図である。図 1 B において、電流検出装置 10 は、図 1 A に示す磁気検出素子 11 と、これと同じ構造の磁気検出素子 12 とを、固定層の磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} がそれぞれ反対となるように直列接続したハーフブリッジ構造をしている。磁気検出素子 11 の固定層の磁化方向 M_{p1} は、矢印に示すように右向きであり、磁気検出素子 12 の固定層の磁化方向 M_{p2} は、これと正反対の矢印に示すように左向きである。なお、これらの矢印の向きは回路構成とは何ら関係なく、磁気検出素子 11 及び磁気検出素子 12 の固定層磁化方向が逆向きに形成されていることを便宜上示したものである。

[0020] 電流検出装置 10 の磁気検出素子 11 の第 1 の電極に電源電圧 $+V_c$ 。（例えば約 5.0 V）が印加され、磁気検出素子 12 の第 2 の電極は接地されている。磁気検出素子 11 と磁気検出素子 12 との接続部である磁気検出素子 11 の第 2 の電極及び磁気検出素子 12 の第 1 の電極から出力電圧信号 V_{out} が出力される。

[0021] 信号補正部 15 は、磁気検出素子 11 と磁気検出素子 12 との接続部から出力される出力電圧信号 V_{out} が略直線的に変化するような補正を加え、補正出力電圧信号 V_L を出力する。なお、磁気検出素子 11、12 には、それぞれ磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} と略直交する同方向にバイアス磁界 B_b が印加されている。

。

[0022] 図2は、本発明の第1の実施の形態に係る電流検出方法、電流検出装置及び電流検出装置の信号補正方法の概略構成を示す図である。図3は、図2において、電流検出装置10に被測定磁界Bを印加する磁界発生装置20の概略構成を示す図である。

[0023] 本発明の第1の実施の形態に係る電流検出方法、電流検出装置及び電流検出装置の信号補正方法において、図1Bに示すハーフブリッジ構造の電流検出装置10から出力される出力電圧信号 V_{out} を入力した信号補正部15は、所定の係数に基づいて略直線的に変化するような補正出力電圧信号 V_L を出力する。

[0024] 制御部30は、モニタを含むパーソナルコンピュータ（PC）を基本構成とする制御用コンピュータで構成される。制御部30は、被測定磁界用定電流源31、定電圧源32、電圧測定部34、フィッティング係数演算部35、及び係数制御部36を含んで構成される。

[0025] 磁界発生装置20は、磁気シールドボックス21内に設置されたソレノイドコイル22によって被測定磁界Bを発生し、ソレノイドコイル22内に設置された電流検出装置10に被測定磁界Bを供給する。すなわち、磁界発生装置20は、電流検出装置10をワークとして被測定磁界Bを印加するように構成されていれば、これ以外の構成でもよい。

[0026] 電流検出装置10は、磁気検出素子11、12と信号補正部15とが共に1つのチップ内に収納されて構成されている。電流検出装置10は、図示していないハンドリングロボットなどによって、磁界発生装置20のソレノイドコイル22内に搬送され設置される。このとき、電流検出装置10の固定層の磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} と、ソレノイドコイル22内の被測定磁界Bの方向が互いに平行となるように設置される。

[0027] 被測定磁界用定電流源31は、所定の電流、例えば、約 $\pm 1000\text{mA}$ の電流をソレノイドコイル22に供給する。被測定磁界用定電流源31から供給される電流によって、ソレノイドコイル22内には、例えば、 $\pm 10\text{mT}$

の被測定磁界 B が発生する。

[0028] 制御部 30 は、ソレノイドコイル 22 内において、例えば、 -10 mT から 0 mT を通過して $+10\text{ mT}$ となるような徐々に増加する被測定磁界 B 、 $+10\text{ mT}$ から 0 mT を通過して -10 mT となるような徐々に減少する被測定磁界 B が発生するように、被測定磁界用定電流源 31 からソレノイドコイル 22 に供給する電流を制御している。

[0029] 定電圧源 32 は、磁界発生装置 20 のソレノイドコイル 22 内に搭載された電流検出装置 10 に対して、 $\pm V_0$ 。(例えば、約 5.0 V) の電源電圧を供給する。

[0030] 信号補正部 15 は、記憶部 16 に記憶されている各係数（出力オフセット係数 V_{off} 、飽和出力係数 V_{sat} 、バイアス磁界強度係数 B_b 、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ 、バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α ）に基づいて、電流検出装置 10 からの出力電圧信号 V_{out} に補正を加え、それを出力電圧信号 V_1 として出力する。なお、記憶部 16 には、信号補正フラグが設けられており、この信号補正フラグが『0』の場合は、所定の係数が記憶されていないことを示し、信号補正フラグが『1』の場合は、所定の係数が記憶されていることを示す。

[0031] 信号補正部 15 は、信号補正フラグが『0』の場合は、出力電圧信号 V_{out} をそのまま出力電圧信号 V_1 として出力する。一方、信号補正部 15 は、信号補正フラグが『1』の場合は、出力電圧信号 V_{out} に補正を加え、それを出力電圧信号 V_1 として出力する。記憶部 16 に記憶される係数の詳細については後述する。

[0032] 電圧測定部 34 は、徐々に増加する被測定磁界 B の印加時に信号補正部 15 から出力される出力電圧信号 V_1 、及び徐々に減少する被測定磁界 B の印加時に信号補正部 15 から出力される出力電圧信号 V_1 をそれぞれ計測し、その出力電圧信号の平均値を出力電圧信号 V_1 としてフィッティング係数演算部 35 に出力する。なお、電圧測定部 34 に代えて、デジタルマルチメータなどを設けて、測定した電圧を制御部 30 内のフィッティング係数演算部 35 に

供給するようにしてもよい。

[0033] フィッティング係数演算部 35 は、被測定磁界用定電流源 31 がソレノイドコイル 22 に供給している電流、すなわちソレノイドコイル 22 内で電流検出装置 10 に印加される被測定磁界 B を横軸とし、電圧測定部 34 によって測定された電流検出装置 10 からの出力電圧信号 V_1 を縦軸とする測定結果（測定値データ）を、以下に示す式（1）にフィッティングして、各係数（出力オフセット係数 V_{off} 、飽和出力係数 V_{sat} 、バイアス磁界強度係数 B_b 、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ 、バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α ）をそれぞれ算出する。

[0034] 係数制御部 36 は、フィッティング係数演算部 35 によって算出された各係数（出力オフセット係数 V_{off} 、飽和出力係数 V_{sat} 、バイアス磁界強度係数 B_b 、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ 、バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α ）を信号補正部 15 の記憶部 16 へ書き込む処理を行うと共に係数の書き込み状態を示すために記憶部 16 の信号補正フラグに『1』をセットする。

[0035] 図 4 は、被測定磁界 B を横軸、出力電圧信号 V_1 を縦軸とする測定結果（測定値データ）の一例を示す図である。

[0036] 図 4 において、被測定磁界 B は、例えば、 $-10 \sim +10 \text{ mT}$ の範囲で変化する。被測定磁界 B の変化に伴って出力電圧信号 V_1 も、図 4 に示すように、例えば、下限値が約 $+2.36 \text{ V}$ 、上限値が約 $+2.56 \text{ V}$ の範囲で変化するような曲線となる。

[0037] 図 4 に示す曲線において、被測定磁場 B が約 $\pm 0.5 \text{ mT}$ 付近の図における点線長方形 41 で囲まれる範囲が、出力電圧信号 V_1 が略直線的に変化するとみなせる線形範囲となる。従来は、この点線長方形 41 で囲まれる部分のみを使用していたので、磁気抵抗効果素子を用いて有効に検出することのできる磁束密度の範囲は $-1 \sim +1 \text{ mT}$ のように、非常に狭いものであった。また、出力電圧信号 V_1 の範囲も例えば、 $\pm 30 \text{ mV}$ 程度と狭い。

[0038] 図 5 は、図 2 の制御部 30 が実行する信号補正処理の一例を示す図である。図 6 は、図 2 の信号補正部 15 が実行する信号補正処理の一例を示す図で

ある。図 7 は、電流検出装置 10 内の磁気検出素子 11 と磁気検出素子 12 に対するバイアス磁界 B_b 、被測定磁界 B 、及び合成磁界 B_0 との関係を示す図である。図 8 は、図 2 の信号補正部 15 が実行した信号補正処理の結果である略直線化補正された出力電圧信号 V_1 の一例を示す図である。

[0039] 以下、図 5 の信号補正処理に従って、説明する。図 5 の制御部 30 の信号補正処理のステップ S51 では、制御部 30 は、被測定磁界用定電流源 31 から磁界発生装置 20 のソレノイドコイル 22 内の磁界が、電流検出装置 10 の磁気検出素子 11, 12 が検出可能な範囲の磁束密度となるように、例えば、約 $\pm 1000 \text{ mA}$ の範囲で電流が増加する場合、減少する場合について連続的に電流を供給して、図 4 に示すような被測定磁界 B に対する電流検出装置 10 からの出力電圧信号 V_1 を測定する。

[0040] このとき、信号補正部 15 の記憶部 16 には、係数が未だ記憶されておらず、信号補正フラグは『0』となっているので、信号補正部 15 は、図 4 に示すような非線形の出力電圧信号 V_{out} をそのまま出力電圧信号 V_1 として出力する。

[0041] 図 5 の制御部 30 の信号補正処理のステップ S52 では、制御部 30 内のフィッティング係数演算部 35 は、ステップ S51 にて取得した出力電圧信号 V_1 の波形に、次式 (1) の V_f がフィッティングするように各係数（出力オフセット係数 V_{off} 、飽和出力係数 V_{sat} 、バイアス磁界強度係数 B_b 、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ 、バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α ）を最小二乗法にて求める。

[数1]

$$V_f = V_{off} + V_{sat} \frac{B_0 \cos \phi + B_b \sin \alpha}{\sqrt{B_0^2 + B_b^2 + 2B_b B_0 \sin(\alpha - \phi)}} \cdots (1)$$

[0042] 式 (1) において、出力オフセット係数 V_{off} は、図 4 に示すような非線形の出力電圧信号 V_1 がほぼ点对称となるような出力電圧値のことである。図 4 の場合、下限値が約 $+2.36 \text{ V}$ 、上限値が約 $+2.56 \text{ V}$ なので、出力オ

フセット係数 V_{off} は約+2.46Vとなる。

[0043] 式(1)において、飽和出力係数 V_{sat} は、図4に示すような非線形の出力電圧信号 V_1 が上限値及び下限値を示す出力電圧値のことである。図4の場合、下限値が約+2.36V、上限値が約+2.56Vで、出力オフセットが約+2.46Vの場合、飽和出力係数 V_{sat} は約100mVとなる。

[0044] 式(1)において、バイアス磁界強度係数 B_b 、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ 、及びバイアス磁界方向の角度ずれ係数 α については、図7を用いて、これらの各係数の関係を説明する。

[0045] 図7に示すように、磁気検出素子11の固定層における磁化方向 M_{p1} は、図面上において上向きであり、磁気検出素子12の固定層における磁化方向 M_{p2} は、図面上において下向きである。バイアス磁界 B_b は、これらの磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} に対して略直交する方向であり、図面上では右向きである。

[0046] ここでバイアス磁界 B_b は、バイアス磁界用の磁石を磁気検出素子11、12の近傍に設けることによって発生する。または、このバイアス用の磁石に代えて、電流検出装置10に設けたバイアスコイル（図示せず）を用いる場合には、バイアスコイルに一定電流を供給することによって発生させることができる。

[0047] バイアス磁界強度係数 B_b は、このバイアス磁界用磁石又はバイアスコイルによって生成されるバイアス強度磁界である。

[0048] 電流検出装置10は、固定層の磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} と、ソレノイドコイル22内の被測定磁界 B の方向が互いに平行になるように磁界発生装置20に設置されるが、実際は、設置時の誤差によって角度 ϕ だけ角度ずれを起こして設置される場合がある。このときの磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} に対して被測定磁界 B が成す角度 ϕ を被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ と定義する。なお、この被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ は、磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} の方向を基準として反時計方向を正の値とする。

[0049] 電流検出装置10内の磁気検出素子11、12には、固定層の磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} と略直交する方向にバイアス磁界 B_b が印加されるが、バイアス磁界

用磁石の設置する際の誤差又はバイアスコイルを製造する際の誤差（個体差）によって角度 α だけ角度ずれを起こしている場合がある。このときの磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} に対する直交線に対してバイアス磁界 B_b が成す角度 α をバイアス磁界方向の角度ずれ係数 α と定義する。なお、このバイアス磁界方向の角度ずれ係数 α は、磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} に垂直な方向を基準として反時計方向を正の値とする。

[0050] 電流検出装置 10 内の磁気検出素子 11 において、被測定磁界 B とバイアス磁界 B_b とを合成した合成磁界 B_0 は、磁化方向 M_{p1} に対して時計方向に角度 θ_1 ずれており、電流検出装置 10 内の磁気検出素子 12 において、被測定磁界 B とバイアス磁界 B_b とを合成した合成磁界 B_0 は、磁化方向 M_{p2} に対して反時計方向に角度 θ_2 ずれている。そして、磁気検出素子 11、12 の合成磁界 B_0 の方向及び大きさは共に同じである。

[0051] 制御部 30 内のフィッティング係数演算部 35 は、例えば、 $-10 \sim +10$ mT の全測定範囲に渡り、フィッティング処理を行うことによって、次式（1）の各係数（出力オフセット係数 V_{off} 、飽和出力係数 V_{sat} 、バイアス磁界強度係数 B_b 、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ 、バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α ）を求める。

[0052] 図 5 の制御部 30 の信号補正処理のステップ S53 では、係数制御部 36 は、フィッティング係数演算部 35 によって求められた各係数（出力オフセット係数 V_{off} 、飽和出力係数 V_{sat} 、バイアス磁界強度係数 B_b 、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ 、バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α ）を信号補正部 15 の記憶部 16 に書き込み、さらに記憶部 16 の信号補正フラグを『1』にセットする。

[0053] 図 5 の制御部 30 の信号補正処理のステップ S54 では、上述のステップ S51 と同様に、制御部 30 は、被測定磁界用定電流源 31 から磁界発生装置 20 のソレノイドコイル 22 に、例えば、約 ± 1000 mA の電流を供給し、被測定磁界 B に対する電流検出装置 10 から出力される出力電圧信号 V_1 を測定する。

- [0054] 信号補正部 15 の記憶部 16 には、上述のステップ S 53 によって、記憶部 16 の信号補正フラグに『1』がセットされており、さらに各係数（出力オフセット係数 V_{off} 、飽和出力係数 V_{sat} 、バイアス磁界強度係数 B_b 、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ 、バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α ）が記憶されているので、信号補正部 15 は、図 4 に示すような非線形の出力電圧信号 V_{out} に対して、図 6 の信号補正部 15 の信号補正処理を実行し、図 8 に示すような略直線化補正された出力電圧信号 V_1 を出力する。
- [0055] 図 5 の制御部 30 の信号補正処理のステップ S 55 では、信号補正部 15 から出力される略直線化補正された出力電圧信号 V_1 が略直線的に変化しているか否か、すなわち略線形か否かの判定を行い、略線形になっている（yes）の場合は、ステップ S 56 に進み、略線形でない（no）の場合はステップ S 57 に進む。
- [0056] 例えば、図 8 に示すように被測定磁場 B が約 $\pm 5 \text{ mT}$ 付近の点線長方形 42 で囲まれる範囲で線形である場合には（yes）と判定し、そうでない場合は（no）と判定する。図 8 に示すように、信号補正部 15 によって略直線化補正された出力電圧信号 V_1 は、被測定磁場 B の範囲が約 $\pm 5 \text{ mT}$ 付近の点線長方形 42 で囲まれた広い範囲で、略直線的に変化する線形を示す。これによって、出力電圧信号 V_1 の範囲も例えば、 $\pm 3.7 \text{ V}$ に拡大していることが理解できる。
- [0057] 図 5 の制御部 30 の信号補正処理のステップ S 56 では、前のステップ S 55 で線形である（yes）と判定されたので、略直線的に変化しているとみなせる被測定磁場の範囲 $\pm B$ 、例えば約 $\pm 5 \text{ mT}$ を記憶部 16 に書き込み、一連の信号補正処理を終了する。
- [0058] 一方、図 5 の制御部 30 の信号補正処理のステップ S 57 では、前のステップ S 55 で線形でない（no）と判定されたので、再度、フィッティング処理を行うために、測定範囲を限定して、ステップ S 52 にリターンする。
- [0059] 制御部 30 内のフィッティング係数演算部 35 は、例えば、 $-10 \sim +10 \text{ mT}$ の全測定範囲に渡って、フィッティング処理を行っているが、ステッ

プS 5 5 の処理で線形でない (n o) と判定された場合は、ステップS 5 2 のフィッティング処理において、測定範囲を例えば $-8 \sim +8 \text{ mT}$ に限定し、式 (1) の各係数 (出力オフセット係数 V_{off} , 飽和出力係数 V_{sat} , バイアス磁界強度係数 B_b , 被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ , バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α) を、再度求めるようにする。

[0060] このようにフィッティング処理における測定範囲を徐々に限定することによって、被測定磁場 B が約 $\pm 5 \text{ mT}$ 付近の直線性が向上することが分かっている。従って、例えば、全測定範囲を $-10 \sim +10 \text{ mT}$ した場合、次の測定範囲を $-9 \sim +9 \text{ mT}$ 、その次の限定範囲を $-8 \sim +8 \text{ mT}$ などのように、測定範囲を所定の割合で限定することが望ましい。

[0061] なお、再フィッティング処理後において、ステップS 5 5 の判定処理の結果が線形でない (n o) となった場合には、制御部 3 0 は、線形とみなせる測定範囲を抽出し、抽出した測定範囲を電流検出装置 1 0 の測定可能範囲として、記憶部 1 6 に書き込み、一連の信号補正処理を終了するようにしてもよい。記憶部 1 6 に記憶されている測定範囲を読み取ることで、電流検出装置 1 0 の測定可能範囲を容易に認識することができるようになる。

[0062] 次に、図 6 の電流検出装置 1 0 内の信号補正部 1 5 の信号補正処理の詳細について説明する。

[0063] 図 6 の信号補正部 1 5 の信号補正処理のステップS 6 1 では、信号補正部 1 5 は、記憶部 1 6 の信号補正フラグが『0』であるか否かを判定し、『0』 (y e s) の場合はステップS 6 2 に進み、『1』 (n o) の場合はステップS 6 3 に進む。

[0064] 図 6 の信号補正部 1 5 の信号補正処理のステップS 6 2 では、信号補正フラグが『0』なので、信号補正部 1 5 は、図 4 に示すような非線形の出力電圧信号 V_{out} をそのまま出力電圧信号 V_1 として電圧測定部 3 4 に出力する。

[0065] 図 6 の信号補正部 1 5 の信号補正処理のステップS 6 3 では、信号補正フラグが『1』なので、出力電圧信号 V_{out} を略直線化補正し、補正された電圧信号 V_L を出力電圧信号 V_1 として出力する。

[0066] すなわち、信号補正部 15 は、式 (1) の V_f を V_1 に置き換えて、合成磁界 B_0 を V_1 の関数 ($B_0(V_1)$) とした場合の次式 (2) を予め記憶している。

$$V_L = m \times B_0(V_1) + n \quad \dots (2)$$

(式 (2) において、係数 m は 0 以外の任意の値、 n は任意の値とする)、
従って、信号補正部 15 が実行する信号補正処理は、式 (2) 及び記憶部 16 に記憶されている各係数 (出力オフセット係数 V_{off} , 飽和出力係数 V_{sat} , バイアス磁界強度係数 B_b , 被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ , バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α) に基づいて、出力電圧信号 V_{out} を略直線化補正し、図 8 に示すような、補正された補正電圧信号 V_L を出力電圧信号 V_1 として出力する。

[0067] [第 2 の実施の形態]

次に、本発明の第 2 の実施の形態について、図 9 を参照して説明する。図 9 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る電流検出方法、電流検出装置の信号補正方法及び電流検出装置の信号補正装置の概略構成を示す図であり、図 2 に対応する。この第 2 の実施の形態では、電流検出装置 10 A 及び制御部 30 A の構成が第 1 の実施の形態に係る電流検出装置 10 及び制御部 30 と異なり、その他の構成は第 1 の実施の形態と共通である。以下、この違いの部分である電流検出装置 10 A 及び制御部 30 A の構成について重点的に説明し、第 1 の実施の形態について説明したものと共通する構成要素については、共通する符号を付して、その説明を省略する。

[0068] 図 9 において、電流検出装置 10 A は、ハーフブリッジ構造の磁気検出素子 11, 12 を 1 つのチップ上に収納して構成されている。電流検出装置 10 A は、ハーフブリッジ構造の接続部から出力電圧信号 V_{out} を直接出力する。電流検出装置 10 A は、図 2 に示すような信号補正部 15 を備えていないので、第 2 の実施の形態では、電流検出装置 10 A に対応した信号補正装置 15 A を作成し、それを電流検出装置 10 A に接続する。信号補正装置 15 A は、第 1 の実施の形態の信号補正部 15 と共通の構成をしており、電流検

出装置 10 A から出力される出力電圧信号 V_{out} を入力し、所定の係数に基づいて略直線的に変化するような補正出力電圧信号 V_L を出力する。

[0069] すなわち、本発明の第 2 の実施の形態に係る電流検出装置の信号補正装置は、電流検出装置 10 A から出力される出力電圧信号 V_{out} を所定の係数に基づいて略直線的に変化するような補正出力電圧信号 V_L として出力する電流検出装置 10 A の専用の信号補正装置であって、電流検出装置 10 A とは別のチップ上に収納された単体の素子で構成される。

[0070] 図 9 において、制御部 30 A は、被測定磁界用定電流源 31、定電圧源 32、電圧測定部 34 A、フィッティング係数演算部 35 A、及び係数制御部 36 A を含んで構成される。被測定磁界用定電流源 31、及び定電圧源 32 の構成は、第 1 の実施の形態と共通である。

[0071] 電圧測定部 34 A は、電流検出装置 10 A から出力される出力電圧信号 V_{out} をそのまま信号補正装置 15 A の入力端に出力し、それに伴って信号補正装置 15 A から出力される補正出力信号 V_1 を入力し、図 4 に示すような被測定磁界 B を横軸、出力電圧信号 V_1 を縦軸とする測定結果（測定値データ）を取得する。

[0072] このとき、電圧測定部 34 A は、徐々に増加する被測定磁界 B の印加時に電流検出装置 10 A から出力される出力電圧信号 V_{out} 、及び徐々に減少する被測定磁界 B の印加時に電流検出装置 10 A から出力される出力電圧信号 V_{out} を計測し、その出力電圧信号 V_{out} の平均値を出力電圧信号 V_1 としてフィッティング係数演算部 35 A に出力する。

[0073] 信号補正装置 15 A は、制御部 30 A に設けられたチップ接続手段を介して制御部 30 A 内の電圧測定部 34 A 及び係数制御部 36 A などに接続される。信号補正装置 15 A は、記憶部 16 A に記憶されている各係数（A1～A5）に基づいて、電流検出装置 10 A からの出力電圧信号 V_{out} に補正を加え、それを出力電圧信号 V_1 として出力する。なお、記憶部 16 A には、信号補正フラグが設けられており、この信号補正フラグが『0』の場合は、所定の係数が記憶されていないことを示し、信号補正フラグが『1』の場合は、

所定の係数が記憶されていることを示す。

[0074] 信号補正装置 15 A は、信号補正フラグが『0』の場合は、電圧測定部 34 A からの出力電圧信号 V_{out} をそのまま出力電圧信号 V_1 として電圧測定部 34 A に出力する。一方、信号補正装置 15 A は、信号補正フラグが『1』の場合は、電圧測定部 34 A からの出力電圧信号 V_{out} に補正を加え、それを出力電圧信号 V_1 として電圧測定部 34 A に出力する。記憶部 16 A に記憶される各係数 ($A_1 \sim A_5$) の詳細については後述する。

[0075] フィッティング係数演算部 35 A は、被測定磁界用定電流源 31 がソレノイドコイル 22 に供給している電流、すなわちソレノイドコイル 22 内で電流検出装置 10 に印加される被測定磁界 B を横軸とし、電圧測定部 34 A によって測定された電流検出装置 10 A からの出力電圧信号 V_1 を縦軸とする測定結果を、次式 (3) にフィッティングするように演算処理して、各係数 ($A_1 \sim A_5$) を算出する。

[数2]

$$V_f = A_1 + \frac{A_4 \times B_0 + A_5}{\sqrt{B_0^2 + A_2 \times B_0 + A_3}} \quad \dots (3)$$

[0076] 式 (3) において、係数 A_1 は、式 (1) の V_{off} に、係数 A_2 は、式 (1) のルート内の合成磁界 B_0 の係数である $2 \cdot B_b \cdot \sin(\alpha - \phi)$ に、係数 A_3 は、式 (1) のルート内の B_b の二乗に、係数 A_4 は、式 (1) の上辺の合成磁界 B_0 の係数である $V_{sat} \cdot \cos \phi$ に、係数 A_5 は、式 (1) の上辺の $B_b \cdot V_{sat} \cdot \sin \alpha$ にそれぞれ対応する。すなわち、各係数 $A_1 \sim A_5$ は、上述の出力オフセット係数 V_{off} 、飽和出力係数 V_{sat} 、バイアス磁界強度係数 B_b 、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ 、バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α にそれぞれ依存しており、式 (1) と式 (3) は実質的に同じである。

[0077] フィッティング係数演算部 35 A は、第 1 の実施の形態のものと同様に、例えば、 $-10 \sim +10$ mT の全測定範囲に渡り、出力電圧信号 V_1 の波形に

式（３）の V_f がフィッティングするように各係数 $A_1 \sim A_5$ を最小二乗法にて求める。この場合、フィッティング係数演算部３５Ａを係数のみを単純に求めるだけでいいので、演算処理を単純化し、高速化することができる。

[0078] 係数制御部３６Ａは、フィッティング係数演算部３５Ａによって求められた式（３）の各係数 $A_1 \sim A_5$ を信号補正装置１５Ａの記憶部１６Ａに書き込むと共に記憶部１６Ａの信号補正フラグに『１』をセットする。なお、第２の実施の形態では、信号補正装置１５Ａと電流検出装置１０Ａとは別のチップ上に収納されているので、係数制御部３６Ａは、信号補正された電流検出装置１０Ａのチップを特定するＩＤ番号などを記憶部１６Ａに記憶するとよい。これによって電流検出装置１０Ａと信号補正装置１５Ａとを一对一に対応付けることができる。

[0079] 第２の実施の形態に係る図９の制御部３０Ａが実行する信号補正処理及び図９の信号補正装置１５Ａが実行する信号補正処理は、フィッティング係数演算部３５Ａによって求められた各係数 $A_1 \sim A_5$ が異なる他は、上述の図５及び図６と共通するので、その説明を省略する。

[0080] 第２の実施の形態に係る電流検出方法、電流検出装置の信号補正方法及び電流検出装置の信号補正装置では、既に被測定対象物に設置済の電流検出装置や信号補正部を有さない電流検出装置に対して適用することができる。例えば、ハイブリット車や電気自動車等のモータ駆動部やソーラ電池などに既設の電流検出装置などに、信号補正装置１５Ａを接続して、その出力信号を適宜補正することができる。

[0081] なお、上述の実施の形態では、ハーフブリッジ構造の磁気検出素子１１，１２を例に説明したが、これに限定されることはなく、４個の磁気検出素子をブリッジ状に接続したフルブリッジ構造であってもよいし、１個の磁気検出素子で構成されていてもよい。

[0082] 上述の実施の形態では、制御部３０，３０Ａがパーソナルコンピュータ（ＰＣ）を基本構成とする制御用コンピュータである場合を例に説明したが、制御部３０，３０Ａは、ワンチップ構成のマイクロコンピュータで構成して

もよい。

[0083] 上述の実施の形態では、ソレノイドコイル 22 を備えた磁界発生装置 20 を例に説明したが、被測定対象物に設置済の電流検出装置などのように、ソレノイドコイル 22 内に収納することが困難な場合には、被測定対象物に所定の電流を流すことによって、測定用の磁束密度を発生することができる。この場合、制御部 30、30A は、被測定対象物に対して電流制御用の信号を出力して制御することで対応できる。

[0084] (第 1 及び第 2 の実施の形態の作用及び効果)

以上説明した第 1 及び第 2 の実施の形態によれば、以下のような作用及び効果が得られる。

[0085] (1) 信号補正部 15 / 信号補正装置 15A は、記憶部 16 / 16A に記憶されている各係数 (出力オフセット係数 V_{off} 、飽和出力係数 V_{sat} 、バイアス磁界強度係数 B_b 、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ 、バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α / $A_1 \sim A_5$) に基づいて、電流検出装置 10 からの出力電圧信号 V_{out} に補正を加え、それを出力電圧信号 V_1 として出力する。このとき制御部 30 / 30A 内のフィッティング係数演算部 35 / 35A は、出力電圧信号 V_1 の波形に式 (1) の V_f がフィッティングするように各係数を最小二乗法にて求めているので、信号補正部 15 / 信号補正装置 15A から出力される補正電圧信号 V_1 は、磁束密度に対する出力電圧の関係が極めて直線性の高い略線形を示すようになり、さらに補正電圧信号 V_1 の範囲も拡大することができる。

[0086] (2) 式 (1) において、出力オフセット係数 V_{off} は、図 4 に示すような非線形の出力電圧信号 V_1 が点对称となるような出力電圧値、飽和出力係数 V_{sat} は、図 4 に示すような非線形の出力電圧信号 V_1 が上限値及び下限値を示す出力電圧値、バイアス磁界強度係数 B_b は、バイアス磁界用磁石又はバイアスコイルによって生成されるバイアス強度磁界、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ は、磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} に対して被測定磁界 B が成す角度、バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α は、磁化方向 M_{p1} 、 M_{p2} に対する直交線に対してバ

イアス磁界 B_b が成す角度のことである。これらの各係数は、磁気検出素子 11, 12 の実際の構造に対応しているので、測定値データにフィッティングするように求められた各係数を用いることによって、信号補正部 15 / 信号補正装置 15 A から出力される補正電圧信号 V_1 は、より高い直線性を示す略線形に近い出力となる。

[0087] (3) 信号補正部 15 / 信号補正装置 15 A が実行する信号補正処理は、式 (2) 及び記憶部 16 / 16 A に記憶されている各係数 (出力オフセット係数 V_{off} , 飽和出力係数 V_{sat} , バイアス磁界強度係数 B_b , 被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ , バイアス磁界方向の角度ずれ係数 α) に基づいて、出力電圧信号 V_{out} を略直線化補正し、補正された電圧信号 V_L を出力電圧信号 V_1 として出力している。ここで、前記式 (2) は、前記式 (1) の V_f を V_1 に置き換えて、合成磁界 B_0 を V_1 の関数 ($B_0(V_1)$) を用いているので、信号補正部 15 から出力される補正電圧信号 V_1 は、より高い直線性を示す略線形に近い出力となる。

[0088] (4) 信号補正部 15 A が実行する信号補正処理は、式 (3) 及び記憶部 16 に記憶されている各係数 ($A_1 \sim A_5$) に基づいて、出力電圧信号 V_{out} を略直線化補正し、補正された電圧信号 V_L を出力電圧信号 V_1 として出力している。ここで、式 (3) を構成する係数 A_1 は、式 (1) の V_{out} に、係数 A_2 は、式 (1) のルート内の合成磁界 B_0 の係数である $2 \cdot B_b \cdot \sin(\alpha - \phi)$ に、係数 A_3 は、式 (1) のルート内の B_b の二乗に、係数 A_4 は、式 (1) の上辺の合成磁界 B_0 の係数である $V_{sat} \cdot \cos \phi$ に、係数 A_5 は、式 (1) の上辺の $B_b \cdot V_{sat} \cdot \sin \alpha$ にそれぞれ対応しているので、信号補正部 15 A から出力される補正電圧信号 V_1 は、より高い直線性を示す略線形に近い出力となる。

[0089] (5) 図 2 に示すように、電流検出装置 10 が磁気検出素子 11, 12 と信号補正部 15 とを共に 1 つのチップ内に収納して構成してある場合、又は図 9 に示すように、電流検出装置 10 A が磁気検出素子 11, 12 のみを 1 つのチップ上に収納し、信号補正装置 15 A が電流検出装置 10 A とは別のチ

チップ上に収納してある場合、いずれの場合でも信号補正部 15 / 信号補正装置 15 A は、記憶部 16 / 16 A に記憶されている各係数（出力オフセット係数 V_{off} 、飽和出力係数 V_{sat} 、バイアス磁界強度係数 B_b 、被測定磁界方向の角度ずれ係数 ϕ 、バイアス磁界方向の角度ずれ係数 $\alpha / A_1 \sim A_5$ ）に基づいて、電流検出装置 10 / 10 A からの出力電圧信号 V_{out} に補正を加え、それを補正電圧信号 V_1 として出力しているので、この補正電圧信号 V_1 は、より高い直線性を示す略線形に近い出力となる。

[0090] (6) 図 9 に示すように、電流検出装置 10 A とは別のチップ上に収納された信号補正装置 15 A を用いて、電流検出装置 10 A から出力される出力電圧信号 V_{out} を所定の係数に基づいて略直線的に変化するような補正出力電圧信号 V_L として出力することによって、例えば、ハイブリット車や電気自動車等のモータ駆動部やソーラ電池などのように、既に被測定対象物に設置済の電流検出装置や信号補正部を有さない電流検出装置に対しても、同様により高い直線性を示す略線形に近い補正電圧信号を出力することができる。

[0091] (7) 信号補正部 15 / 信号補正装置 15 A から出力される略直線化補正された出力電圧信号 V_1 が略直線的に変化しているか否か、すなわち略線形か否かの判定を行い、線形である (yes) と判定される場合は、略直線的に変化しているとみなせる被測定磁場の範囲 $\pm B$ を記憶部 16 / 16 A に書き込み、線形でない (no) と判定された場合は、測定範囲を限定して、再度フィッティング処理を行うようにしたので、補正電圧信号 V_1 は、より高い直線性を示す略線形に近い出力となる。また、被測定磁場の範囲 $\pm B$ を記憶部 16 / 16 A に書き込むことによって、記憶部 16 / 16 A からその範囲 $\pm B$ を読み出すことで、電流検出装置 10 / 10 A の測定範囲を容易に確認することができる。

[0092] (実施の形態のまとめ)

次に、以上説明した実施の形態から把握される技術思想について、実施の形態における符号等を援用して記載する。ただし、以下の記載における各符号は、特許請求の範囲における構成要素を実施の形態に具体的に示した部材

等に限定するものではない。

[0093] [1] 磁束密度 (B) を検出し、前記磁束密度 (B) に対応した電圧信号 (V_{out}) を出力する磁気検出素子 (11, 12) を備えた電流検出装置 (10 / 10 A) に対して、前記磁気検出素子 (11, 12) が検出可能な範囲の磁束密度 (B) を供給することによって得られる、前記磁束密度 (B) と前記電流検出装置 (10 / 10 A) の出力電圧信号 (V_1) との関係を示す測定値データを取得し、取得した前記測定値データと、複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha / A1 \sim A5$) を含んで構成される磁気検出素子 (11, 12) の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha / A1 \sim A5$) を算出し、算出された前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha / A1 \sim A5$) に従って、前記磁気検出素子 (11, 12) からの出力電圧信号 (V_1) を前記磁束密度 (B) に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号 (V_L) を出力する、電流検出方法。

この電流検出方法は、磁気検出素子 (11, 12) と信号補正部 (15) とを共に1つのチップ内に収納して構成してある電流検出装置 (10)、又は磁気検出素子 (11, 12) のみを1つのチップ上に収納して構成される電流検出装置 (10 A) に、所定の磁束密度 (B) を供給し、磁束密度 (B) と電流検出装置 (10 / 10 A) の出力電圧信号 (V_1) との関係を示す測定値データを取得し、取得した測定値データを用いて所定の式 (1) 又は式 (3) とが互いにフィッティングするように演算処理を施し、係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha / A1 \sim A5$) を算出し、算出した係数群に従って、信号補正部 (15) 又は信号補正装置 (15 A) を用いて磁気検出素子 (11, 12) からの出力電圧信号 (V_1) を磁束密度 (B) に対して略線形となるように補正し、その補正電圧信号 (V_L) を出力するようにしたものである。これによって、検出される磁束密度 (B) に対する出力電圧 (V_1) の関係を直線性の高い略線形とすることが可能となる。

[0094] [2] 複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha / A1 \sim A5$) を含んで

構成される磁気検出素子（11，12）の出力電圧を示す式は、

[数3]

$$V_f = A1 + \frac{A4 \times B_0 + A5}{\sqrt{B_0^2 + A2 \times B_0 + A3}}$$

で表され、この式によって得られる出力電圧が前記測定値データにフィッティングするように各係数A1～A5を算出する、前記[1]に記載の電流検出方法。

この電流検出方法は、測定値データにフィッティングするように演算処理を実行する際に式(3)を用いるようにしたものである。この電流検出方法は、式(1)を合成磁界 B_0 の関数となるように、各係数を変形し、式(3)の係数A1～A5で表記したものである。これらの各係数A1～A5は、式(1)の係数群(V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , α)に依存しており、同じ結果を示し、純粹に係数(A1～A5)として演算することができるので、既存の表計算ソフトなどを利用して、係数を簡単に算出することが可能となる。

[0095] [3] 前記式を構成する係数A1は出力オフセット係数 V_{off} 、係数A2は $2 \cdot B_b \cdot \sin(\alpha - \phi)$ 、係数A3は B_b の二乗、係数A4は $V_{sat} \cdot \cos \phi$ 、係数A5は $B_b \cdot V_{sat} \cdot \sin \alpha$ であり、前記係数A2～A5において、 V_{sat} は飽和出力係数、 B_b はバイアス磁界強度係数、 ϕ は被測定磁界方向の角度ずれ係数、 α はバイアス磁界方向の角度ずれ係数である、前記[2]に記載の電流検出方法。

式(1)を構成する各係数(V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , α)は、磁気検出素子(11，12)の実際の構造に対応しているので、測定値データにフィッティングするように求められた各係数を用いることによって、信号補正部(15)／信号補正装置(15A)から出力される補正電圧信号 V_1 は、より高い直線性を示す略線形に近い出力となる。

[0096] [4] 前記式(1)の出力電圧信号 V_f を出力電圧信号 V_1 に置き換え、合成磁界 B_0 を前記出力電圧信号 V_1 の関数($B_0(V_1)$)とした場合の次式と、

$V_L = m \times B_0 (V_1) + n$ (この式において、係数 m は 0 以外の任意の値、 n は任意の値とする)、前記演算処理によって得られた前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) とに従って、前記補正電圧信号 (V_L) を出力する、前記 [2] 又は [3] に記載の電流検出方法。

この電流検出方法は、信号補正部 (15 / 15 A) が係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) に基づいて、磁気検出素子 (11, 12) からの出力電圧信号 (V_1) を補正する際の演算式を式 (2) として具体的に示したものである。この式 (2) は、式 (1) 又は式 (3) の出力電圧信号 V_f を出力電圧信号 V_1 に置き換え、合成磁界 B_0 を出力電圧信号 V_1 の関数 ($B_0(V_1)$) とすることによって得られるものである。

[0097] [5] 磁束密度 (B) を検出し、前記磁束密度 (B) に対応した電圧信号 (V_{out}) を出力する磁気検出素子 (11, 12) と、前記磁気検出素子 (11, 12) に磁束密度 (B) を供給することによって得られる磁束密度 (B) と出力電圧信号 (V_1) との関係を示す測定値データと、複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を含んで構成される磁気検出素子 (11, 12) の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって得られた前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) に従って、前記磁気検出素子 (11, 12) からの出力電圧信号 (V_1) を前記磁束密度 (B) に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号 (V_L) を出力する信号補正手段 (15 / 15 A) と、を備えた電流検出装置 (10 / 10 A)。

この電流検出装置 (10 / 10 A) は、前記 [1] に記載の電流検出方法に対応するものである。

[0098] [6] 複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を含んで構成される磁気検出素子 (11, 12) の出力電圧を示す式は、

[数4]

$$V_f = A1 + \frac{A4 \times B_0 + A5}{\sqrt{B_0^2 + A2 \times B_0 + A3}}$$

で表され、この式によって得られる出力電圧が前記測定値データにフィッティングするように各係数 $A_1 \sim A_5$ を算出する、前記 [5] に記載の電流検出装置 (10/10A)。

この電流検出装置 (10/10A) は、前記 [2] に記載の電流検出方法に対応するものである。

[0099] [7] 前記式を構成する係数 A_1 は出力オフセット係数 V_{off} 、係数 A_2 は $2 \cdot B_b \cdot \sin(\alpha - \phi)$ 、係数 A_3 は B_b の二乗、係数 A_4 は $V_{sat} \cdot \cos \phi$ 、係数 A_5 は $B_b \cdot V_{sat} \cdot \sin \alpha$ であり、前記係数 $A_2 \sim A_5$ において、 V_{sat} は飽和出力係数、 B_b はバイアス磁界強度係数、 ϕ は被測定磁界方向の角度ずれ係数、 α はバイアス磁界方向の角度ずれ係数である、前記 [6] に記載の電流検出装置 (10/10A)。

この電流検出装置 (10/10A) は、前記 [3] に記載の電流検出方法に対応するものである。

[0100] [8] 前記信号補正手段 (15) は、前記式 (1) の出力電圧信号 V_f を出力電圧信号 V_1 に置き換え、合成磁界 B_0 を前記出力電圧信号 V_1 の関数 ($B_0(V_1)$) とした場合の次式と、 $V_L = m \times B_0(V_1) + n$ (この式において、係数 m は 0 以外の任意の値、 n は任意の値とする)、前記演算処理によって得られた前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A_1 \sim A_5$) とに従って、前記補正電圧信号 (V_L) を出力する、前記 [6] に記載の電流検出装置 (10/10A)。

この電流検出装置 (10/10A) は、前記 [4] に記載の電流検出方法に対応するものである。

[0101] [9] 磁束密度 (B) を検出し、前記磁束密度 (B) に対応した電圧信号 (V_{out}) を出力する磁気検出素子 (11, 12) と、複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A_1 \sim A_5$) を記憶する記憶部 (16) を備えており、前記記憶部 (16) に前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A_1 \sim A_5$) が記憶されていない場合には、前記磁気検出素子 (11, 12) からの出力電圧信号 (V_1) をそのまま出力し、前記記憶部 (16) に前記

複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) が記憶されている場合には、前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) に従って、前記磁気検出素子 (11, 12) からの出力電圧信号 (V_1) を前記磁束密度 (B) に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号 (V_L) を出力する信号補正手段 (15) とを備えた電流検出装置 (10) であって、前記信号補正手段 (15) の前記記憶部 (16) に前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) が記憶されていない電流検出装置 (10) に対して、前記磁気検出素子 (11, 12) が検出可能な範囲の磁束密度 (B) を供給し、それによって得られる前記磁束密度 (B) と前記電流検出装置 (10) の出力電圧信号 (V_1) との関係を示す測定値データを取得し、取得した前記測定値データと、複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を含んで構成される磁気検出素子 (11, 12) の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を算出し、算出された前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を前記信号補正手段 (15) の前記記憶部 (16) に記憶する、電流検出装置 (10) の信号補正方法。

この電流検出装置 (10) の信号補正方法は、磁気検出素子 (11, 12) と信号補正部 (15) とを共に1つのチップ内に収納して構成してある電流検出装置 (10) に、所定の磁束密度 (B) を供給し、磁束密度 (B) と電流検出装置 (10) の出力電圧信号 (V_1) との関係を示す測定値データを取得し、取得した測定値データを用いて所定の式 (1) 又は式 (3) とが互いにフィッティングするように演算処理を施し、係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を算出し、算出した係数群に従って、信号補正部 (15) を用いて磁気検出素子 (11, 12) からの出力電圧信号 (V_1) を磁束密度 (B) に対して略線形となるように補正し、その補正電圧信号 (V_L) を出力するようにしたものである。これによって、検出される磁束密度 (B) に対する出力電圧 (V_1) の関係を直線性の高い略線形とすることが可能と

なる。

[0102] [10] 前記信号補正手段(15)の前記記憶部(16)に前記複数の係数群(V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$)を記憶した後に、前記電流検出装置(10)に対して、前記磁気検出素子(11, 12)が検出可能な範囲の磁束密度(B)を供給することによって得られる前記補正電圧信号(V_L)を測定し、測定した前記補正電圧信号(V_L)が略線形を示すか否かを判定し、略線形を示す場合は、被測定磁場による測定範囲を前記記憶部(16)に記憶し、略線形を示さない場合は、被測定磁場の範囲を限定して、前記演算処理を再度実行して前記複数の係数群(V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$)を算出し、算出された前記複数の係数群(V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$)及び前記限定した被測定磁場の範囲を前記信号補正手段(15)の前記記憶部(16)に記憶する、前記[9]に記載の電流検出装置(10)の信号補正方法。

この電流検出装置(10)の信号補正方法は、信号補正部(15)から出力される略直線化補正された出力電圧信号 V_1 が略直線的に変化しているか否か、すなわち略線形か否かの判定を行い、線形である(yes)と判定される場合は、略直線的に変化しているとみなせる被測定磁場の範囲 $\pm B$ を記憶部(16)に書き込み、線形でない(no)と判定された場合は、測定範囲を限定して、再度フィッティング処理を行うようにしたものである。これによって、補正電圧信号 V_1 は、より高い直線性を示す略線形に近い出力となる。また、被測定磁場の範囲 $\pm B$ を記憶部(16)に書き込むことによって、記憶部(16)からその範囲 $\pm B$ を読み出すことで、電流検出装置(10)の測定範囲を容易に確認することができる。

[0103] [11] 磁束密度(B)を検出し、前記磁束密度(B)に対応した電圧信号(V_{out})を出力する磁気検出素子(11, 12)を備えた電流検出装置(10A)に対して、前記磁気検出素子(11, 12)が検出可能な範囲の磁束密度(B)を供給することによって得られる、前記磁束密度(B)と前記電流検出装置(10A)の出力電圧信号(V_1)との関係を示す測定値データを

取得し、取得した前記測定値データと、複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を含んで構成される磁気検出素子 (11, 12) の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を算出し、前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) に従って前記磁気検出素子 (11, 12) からの出力電圧信号 (V_1) を前記磁束密度 (B) に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号 (V_L) を出力する信号補正手段 (15A) の前記記憶部 (16A) に、算出された前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を記憶し、前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を前記記憶部 (16A) に記憶した前記信号補正手段 (15A) を、前記電流検出装置 (10A) の信号補正装置 (15A) として使用する、電流検出装置 (10A) の信号補正方法。

この電流検出装置 (10A) の信号補正方法は、電流検出装置 10A とは別のチップ上に収納された信号補正装置 15A を用いて、電流検出装置 10A から出力される出力電圧信号 V_{out} を所定の係数に基づいて略直線的に変化するような補正出力電圧信号 V_L として出力するようにしたものであり、その信号補正方法は、前記 [9] に記載の方法と同様である。これによって、既に被測定対象物に設置済の電流検出装置や信号補正部を有さない電流検出装置 (10A) に対しても、検出される磁束密度 (B) に対する出力電圧 (V_1) の関係を直線性の高い略線形とすることが可能となる。

[0104] [12] 前記信号補正手段 (15A) の前記記憶部 (16A) に前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を記憶した後に、前記電流検出装置 (10A) に対して、前記磁気検出素子 (11, 12) が検出可能な範囲の磁束密度 (B) を供給することによって得られる前記補正電圧信号 (V_L) を測定し、測定した前記補正電圧信号 (V_L) が略線形を示すかを判定し、略線形を示す場合は、被測定磁場による測定範囲を前記記憶部 (16A) に記憶し、略線形を示さない場合は、被測定磁場の範囲を限定

して、前記演算処理を再度実行して前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を算出し、算出された前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) 及び前記限定した被測定磁場の範囲を前記信号補正手段 (15 A) の前記記憶部 (16 A) に記憶し、前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) 及び前記限定した被測定磁場の範囲を前記記憶部 (16 A) に記憶した前記信号補正手段 (15 A) を、前記電流検出装置 (10 A) の信号補正装置 (15 A) として使用する、前記 [11] に記載の電流検出装置 (10 A) の信号補正方法。

この電流検出装置 (10 A) の信号補正方法は、前記 [10] に記載の電流検出装置 (10) の信号補正方法に対応するものである。

[0105] [13] 複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式は、

[数5]

$$V_f = A1 + \frac{A4 \times B_0 + A5}{\sqrt{B_0^2 + A2 \times B_0 + A3}}$$

で表され、この式の出力電圧 V_f が前記測定値データにフィッティングするように各係数 $A1 \sim A5$ を算出する、前記 [9] 乃至 [13] の何れか1項に記載の電流検出装置 (10 / 10 A) の信号補正方法。

この電流検出装置 (10 / 10 A) の信号補正方法は、前記 [2] に記載の電流検出方法に対応するものである。

[0106] [14] 前記式を構成する係数 $A1$ は出力オフセット係数 V_{off} 、係数 $A2$ は $2 \cdot B_b \cdot \sin(\alpha - \phi)$ 、係数 $A3$ は B_b の二乗、係数 $A4$ を $V_{sat} \cdot \cos \phi$ 、係数 $A5$ は $B_b \cdot V_{sat} \cdot \sin \alpha$ であり、前記係数 $A2 \sim A5$ において、 V_{sat} は飽和出力係数、 B_b はバイアス磁界強度係数、 ϕ は被測定磁界方向の角度ずれ係数、 α はバイアス磁界方向の角度ずれ係数である、前記 [13] に記載の電流検出装置 (10 / 10 A) の信号補正方法。

[0107] [15] 前記電流検出装置 (10 / 10 A) の前記信号補正手段 (15 / 1

5 A) は、前記式 (1) の出力電圧 V_f を出力電圧 V_1 に置き換え、合成磁界 B_0 を前記出力電圧 V_1 の関数 ($B_0(V_1)$) とした場合の次式と、 $V_L = m \times B_0(V_1) + n$ (この式において、係数 m は 0 以外の任意の値、 n は任意の値とする)、前記演算処理によって算出された前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) とに従って、前記補正電圧信号 (V_L) を出力する、前記 [13] 又は [14] に記載の電流検出装置 (10/10 A) の信号補正方法。

この電流検出装置 (10/10 A) の信号補正方法は、前記 [3] に記載の電流検出方法に対応するものである。

[0108] [16] 磁束密度 (B) を検出し、前記磁束密度 (B) に対応した電圧信号 (V_{out}) を出力する磁気検出素子 (11, 12) を備えた電流検出装置 (10/10 A) に接続され、前記出力電圧信号 (V_1) を補正して出力する電流検出装置 (10 A) の信号補正装置 (15 A) であって、前記磁気検出素子 (11, 12) に磁束密度 (B) を供給することによって得られる磁束密度 (B) と出力電圧信号 (V_1) との関係を示す測定値データと、複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) を含んで構成される磁気検出素子 (11, 12) の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって得られた前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha/A1 \sim A5$) に従って、前記磁気検出素子 (11, 12) からの出力電圧信号 (V_1) を前記磁束密度 (B) に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号 (V_L) を出力する、電流検出装置 (10 A) の信号補正装置 (15 A)。

この電流検出装置 (10 A) の信号補正装置 (15 A) は、前記 [11] に記載の電流検出装置 (10 A) の信号補正方法に対応するものである。

[0109] [17] 複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式は、

[数6]

$$V_f = A1 + \frac{A4 \times B_0 + A5}{\sqrt{B_0^2 + A2 \times B_0 + A3}}$$

で表され、この式の出力電圧 V_f が前記測定値データにフィッティングするように各係数 $A1 \sim A5$ を算出する、前記 [16] に記載の電流検出装置 (10A) の信号補正装置 (15A)。

この電流検出装置 (10A) の信号補正装置 (15A) は、前記 [3] に記載の電流検出方法、及び前記 [13] に記載の電流検出装置 (10A) の信号補正方法に対応するものである。

[0110] [18] 前記式を構成する係数 $A1$ は出力オフセット係数 V_{off} 、係数 $A2$ は $2 \cdot B_b \cdot \sin(\alpha - \phi)$ 、係数 $A3$ は B_b の二乗、係数 $A4$ は $V_{sat} \cdot \cos \phi$ 、係数 $A5$ は $B_b \cdot V_{sat} \cdot \sin \alpha$ であり、前記係数 $A2 \sim A5$ において、 V_{sat} は飽和出力係数、 B_b はバイアス磁界強度係数、 ϕ は被測定磁界方向の角度ずれ係数、 α はバイアス磁界方向の角度ずれ係数である、前記 [17] に記載の電流検出装置 (10A) の信号補正装置 (15A)

[19] 前記式 (1) の出力電圧信号 V_f を出力電圧信号 V_1 に置き換え、合成磁界 B_0 を前記出力電圧信号 V_1 の関数 ($B_0(V_1)$) とした場合の次式と、 $V_L = m \times B_0(V_1) + n$ (この式において、係数 m は 0 以外の任意の値、 n は任意の値とする)、前記演算処理によって得られた前記複数の係数群 (V_{off} , V_{sat} , B_b , ϕ , $\alpha / A1 \sim A5$) とに従って、前記補正電圧信号 (V_L) を出力する、前記 [17] 又は [18] に記載の電流検出装置 (10A) の信号補正装置 (15A)。

この電流検出装置 (10A) の信号補正装置 (15A) は、前記 [4] に記載の電流検出方法、及び前記 [14] に記載の電流検出装置 (10A) の信号補正方法に対応するものである。

[0111] 以上、本発明の実施の形態を説明したが、上記に記載した実施の形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。また、実施の形態の中で

説明した特徴の組合せの全てが発明の課題を解決するための手段に必須であるとは限らない点に留意すべきである。

符号の説明

- [0112] V_{off} …出力オフセット係数
 V_{sat} …飽和出力係数
 B_b …バイアス磁界強度係数
 ϕ …被測定磁界方向の角度ずれ係数
 α …バイアス磁界方向の角度ずれ係数
 $A_1 \sim A_5$ …係数
10, 10A…電流検出装置
11, 12…磁気検出素子
15…信号補正部
15A…信号補正装置
16, 16A…記憶部
20…磁界発生装置
21…磁気シールドボックス
22…ソレノイドコイル
30, 30A…制御部
31…被測定磁界用定電流源
32…定電圧源
34, 34A…電圧測定部
35, 35A…フィッティング係数演算部
36, 36A…係数制御部

請求の範囲

[請求項1] 磁束密度を検出し、前記磁束密度に対応した電圧信号を出力する磁気検出素子を備えた電流検出装置に対して、

前記磁気検出素子が検出可能な範囲の磁束密度を供給することによって得られる、前記磁束密度と前記電流検出装置の出力電圧信号との関係を示す測定値データを取得し、

取得した前記測定値データと、複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって前記複数の係数群を算出し、

算出された前記複数の係数群に従って、前記磁気検出素子からの出力電圧信号を前記磁束密度に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号を出力する、

電流検出方法。

[請求項2] 複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式は、

[数1]

$$V_f = A1 + \frac{A4 \times B_0 + A5}{\sqrt{B_0^2 + A2 \times B_0 + A3}}$$

で表され、

この式によって得られる出力電圧が前記測定値データにフィッティングするように各係数A1～A5を算出する、

請求項1に記載の電流検出方法。

[請求項3] 前記式を構成する係数A1は出力オフセット係数 V_{off} 、係数A2は $2 \cdot B_b \cdot \sin(\alpha - \phi)$ 、係数A3は B_b の二乗、係数A4は $V_{sat} \cdot \cos \phi$ 、係数A5は $B_b \cdot V_{sat} \cdot \sin \alpha$ であり、
前記係数A2～A5において、 V_{sat} は飽和出力係数、 B_b はバイアス磁界強度係数、 ϕ は被測定磁界方向の角度ずれ係数、 α はバイア

ス磁界方向の角度ずれ係数である、

請求項 2 に記載の電流検出方法。

[請求項4] 前記式の出力電圧信号 V_f を出力電圧信号 V_1 に置き換え、合成磁界 B_0 を前記出力電圧信号 V_1 の関数 ($B_0(V_1)$) とした場合の次式と、

$$V_L = m \times B_0(V_1) + n$$

(この式において、係数 m は 0 以外の任意の値、 n は任意の値とする)、

前記演算処理によって得られた前記複数の係数群とに従って、

前記補正電圧信号を出力する、

請求項 2 又は 3 に記載の電流検出方法。

[請求項5] 磁束密度を検出し、前記磁束密度に対応した電圧信号を出力する磁気検出素子と、

前記磁気検出素子に磁束密度を供給することによって得られる磁束密度と出力電圧信号との関係を示す測定値データと、複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって得られた前記複数の係数群に従って、前記磁気検出素子からの出力電圧信号を前記磁束密度に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号を出力する信号補正手段と、

を備えた電流検出装置。

[請求項6] 複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式は、

[数2]

$$V_f = A1 + \frac{A4 \times B_0 + A5}{\sqrt{B_0^2 + A2 \times B_0 + A3}}$$

で表され、

この式の出力電圧 V_f が前記測定値データにフィッティングするように各係数 $A_1 \sim A_5$ を算出する、

請求項 5 に記載の電流検出装置。

[請求項 7]

前記式を構成する係数 A_1 は出力オフセット係数 V_{off} 、係数 A_2 は $2 \cdot B_b \cdot \sin(\alpha - \phi)$ 、係数 A_3 は B_b の二乗、係数 A_4 を $V_{sat} \cdot \cos \phi$ 、係数 A_5 は $B_b \cdot V_{sat} \cdot \sin \alpha$ であり、

前記係数 $A_2 \sim A_5$ において、 V_{sat} は飽和出力係数、 B_b はバイアス磁界強度係数、 ϕ は被測定磁界方向の角度ずれ係数、 α はバイアス磁界方向の角度ずれ係数である、

請求項 6 に記載の電流検出装置。

[請求項 8]

前記信号補正手段は、

前記式 (1) の出力電圧信号 V_f を出力電圧信号 V_1 に置き換え、合成磁界 B_0 を前記出力電圧信号 V_1 の関数 ($B_0(V_1)$) とした場合の次式と、

$$V_L = m \times B_0(V_1) + n \cdot \dots \quad (2)$$

(この式において、係数 m は 0 以外の任意の値、 n は任意の値である)、

前記演算処理によって得られた前記複数の係数群とに従って、

前記補正電圧信号を出力する、

請求項 6 又は 7 に記載の電流検出装置。

[請求項 9]

磁束密度を検出し、前記磁束密度に対応した電圧信号を出力する磁気検出素子と、複数の係数群を記憶する記憶部を備えており、前記記憶部に前記複数の係数群が記憶されていない場合には、前記磁気検出素子からの出力電圧信号をそのまま出力し、前記記憶部に前記複数の係数群が記憶されている場合には、前記複数の係数群に従って、前記磁気検出素子からの出力電圧信号を前記磁束密度に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号を出力する信号補正手段とを備えた電流検出装置であって、前記信号補正手段の前記記憶部に前

記複数の係数群が記憶されていない電流検出装置に対して、

前記磁気検出素子が検出可能な範囲の磁束密度を供給し、

それによって得られる前記磁束密度と前記電流検出装置の出力電圧信号との関係を示す測定値データを取得し、

取得した前記測定値データと、複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって前記複数の係数群を算出し、

算出された前記複数の係数群を前記信号補正手段の前記記憶部に記憶する、

電流検出装置の信号補正方法。

[請求項10]

前記信号補正手段の前記記憶部に前記複数の係数群を記憶した後に、

前記電流検出装置に対して、前記磁気検出素子が検出可能な範囲の磁束密度を供給することによって得られる前記補正電圧信号を測定し、

測定した前記補正電圧信号が略線形を示すか否かを判定し、

略線形を示す場合は、被測定磁場による測定範囲を前記記憶部に記憶し、

略線形を示さない場合は、被測定磁場の範囲を限定して、前記演算処理を再度実行して前記複数の係数群を算出し、

算出された前記複数の係数群及び前記限定した被測定磁場の範囲を前記信号補正手段の前記記憶部に記憶する、

請求項9に記載の電流検出装置の信号補正方法。

[請求項11]

磁束密度を検出し、前記磁束密度に対応した電圧信号を出力する磁気検出素子を備えた電流検出装置に対して、

前記磁気検出素子が検出可能な範囲の磁束密度を供給することによって得られる、前記磁束密度と前記電流検出装置の出力電圧信号との関係を示す測定値データを取得し、

取得した前記測定値データと、複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって前記複数の係数群を算出し、

前記複数の係数群に従って前記磁気検出素子からの出力電圧信号を前記磁束密度に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号を出力する信号補正手段の前記記憶部に、算出された前記複数の係数群を記憶し、

前記複数の係数群を前記記憶部に記憶した前記信号補正手段を、前記電流検出装置の信号補正装置として使用する、

電流検出装置の信号補正方法。

[請求項12] 前記信号補正手段の前記記憶部に前記複数の係数群を記憶した後に、

前記電流検出装置に対して、前記磁気検出素子が検出可能な範囲の磁束密度を供給することによって得られる前記補正電圧信号を測定し、

測定した前記補正電圧信号が略線形を示すか否かを判定し、

略線形を示す場合は、被測定磁場による測定範囲を前記記憶部に記憶し、

略線形を示さない場合は、被測定磁場の範囲を限定して、前記演算処理を再度実行して前記複数の係数群を算出し、

算出された前記複数の係数群及び前記限定した被測定磁場の範囲を前記信号補正手段の前記記憶部に記憶し、

前記複数の係数群及び前記限定した被測定磁場の範囲を前記記憶部に記憶した前記信号補正手段を、前記電流検出装置の信号補正装置として使用する、

請求項11に記載の電流検出装置の信号補正方法。

[請求項13] 複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式は、

[数3]

$$V_f = A1 + \frac{A4 \times B_0 + A5}{\sqrt{B_0^2 + A2 \times B_0 + A3}}$$

で表され、

この式の実出力電圧 V_f が前記測定値データにフィッティングするように各係数 $A1 \sim A5$ を算出する、

請求項9乃至12の何れか1項に記載の電流検出装置の信号補正方法。

[請求項14]

前記式を構成する係数 $A1$ は出力オフセット係数 V_{off} 、係数 $A2$ は $2 \cdot B_b \cdot \sin(\alpha - \phi)$ 、係数 $A3$ は B_b の二乗、係数 $A4$ を $V_{sat} \cdot \cos \phi$ 、係数 $A5$ は $B_b \cdot V_{sat} \cdot \sin \alpha$ であり、

前記係数 $A2 \sim A5$ において、 V_{sat} は飽和出力係数、 B_b はバイアス磁界強度係数、 ϕ は被測定磁界方向の角度ずれ係数、 α はバイアス磁界方向の角度ずれ係数である、

請求項13に記載の電流検出装置の信号補正方法。

[請求項15]

前記電流検出装置の前記信号補正手段は、

前記式の実出力電圧 V_f を出力電圧 V_1 に置き換え、合成磁界 B_0 を前記出力電圧 V_1 の関数 ($B_0(V_1)$) とした場合の次式と、

$$V_L = m \times B_0(V_1) + n$$

(この式において、係数 m は0以外の任意の値、 n は任意の値とする)、

前記演算処理によって算出された前記複数の係数群とに従って、

前記補正電圧信号を出力する、

請求項13又は14に記載の電流検出装置の信号補正方法。

[請求項16]

磁束密度を検出し、前記磁束密度に対応した電圧信号を出力する磁気検出素子を備えた電流検出装置に接続され、前記出力電圧信号を補正して出力する電流検出装置の信号補正装置であって、

前記磁気検出素子に磁束密度を供給することによって得られる磁束密度と出力電圧信号との関係を示す測定値データと、複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式とが互いにフィッティングするように演算処理することによって得られた前記複数の係数群に従って、前記磁気検出素子からの出力電圧信号を前記磁束密度に対して略線形となるように補正し、補正された補正電圧信号を出力する、

電流検出装置の信号補正装置。

[請求項17] 複数の係数群を含んで構成される磁気検出素子の出力電圧を示す式は、

[数4]

$$V_f = A1 + \frac{A4 \times B_0 + A5}{\sqrt{B_0^2 + A2 \times B_0 + A3}}$$

で表され、

この式の出力電圧 V_f が前記測定値データにフィッティングするように各係数 $A1 \sim A5$ を算出する、

請求項16に記載の電流検出装置の信号補正装置。

[請求項18] 前記式を構成する係数 $A1$ は出力オフセット係数 V_{off} 、係数 $A2$ は $2 \cdot B_b \cdot \sin(\alpha - \phi)$ 、係数 $A3$ は B_b の二乗、係数 $A4$ は $V_{sat} \cdot \cos \phi$ 、係数 $A5$ は $B_b \cdot V_{sat} \cdot \sin \alpha$ であり、

前記係数 $A2 \sim A5$ において、 V_{sat} は飽和出力係数、 B_b はバイアス磁界強度係数、 ϕ は被測定磁界方向の角度ずれ係数、 α はバイアス磁界方向の角度ずれ係数である、

請求項17に記載の電流検出装置の信号補正装置。

[請求項19] 前記電流検出装置の前記信号補正手段は、

前記式の出力電圧 V_f を出力電圧 V_1 に置き換え、合成磁界 B_0 を前記出力電圧 V_1 の関数 ($B_0(V_1)$) とした場合の次式と、

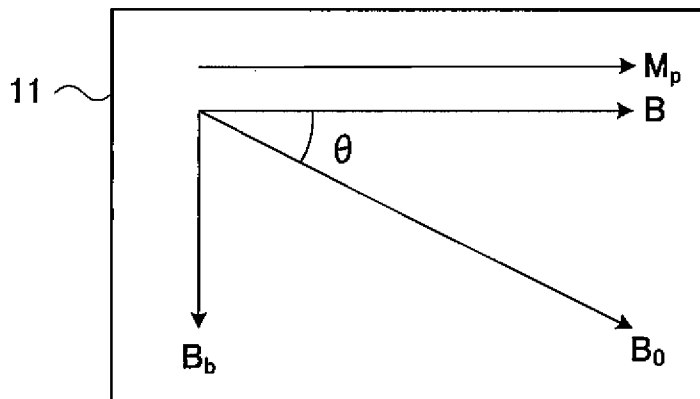
$$V_L = m \times B_0(V_1) + n$$

(この式において、係数 m は 0 以外の任意の値、 n は任意の値とする)、

前記演算処理によって算出された前記複数の係数群とに従って、
前記補正電圧信号を出力する、
請求項 17 又は 18 に記載の電流検出装置の信号補正装置。

[図1A]

図1A



[図1B]

図1B

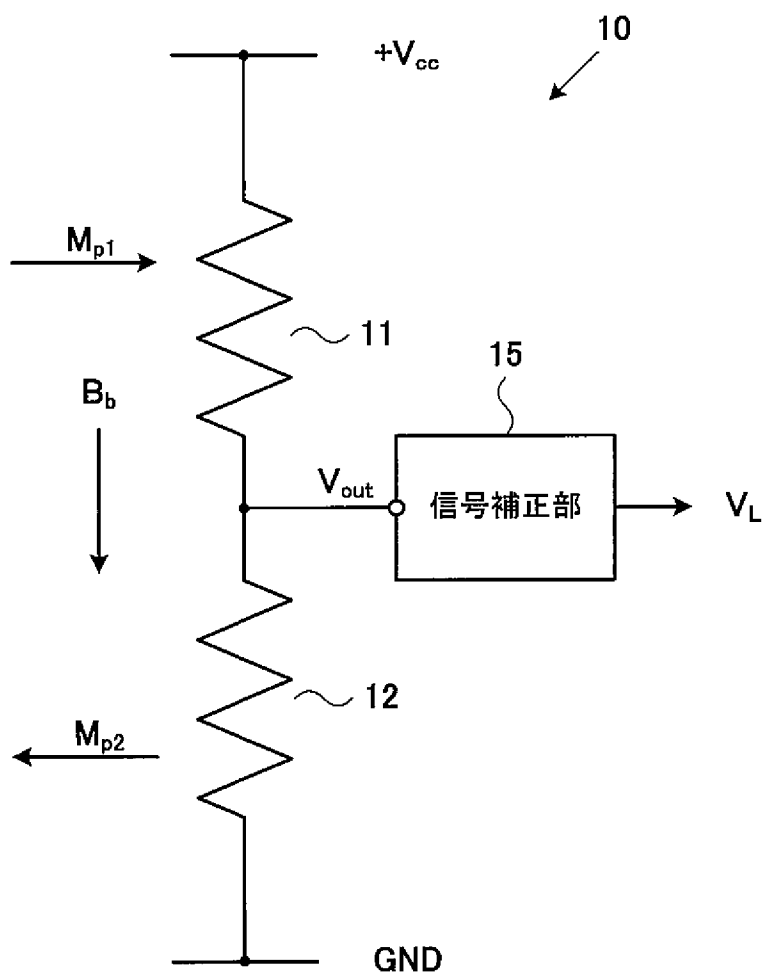
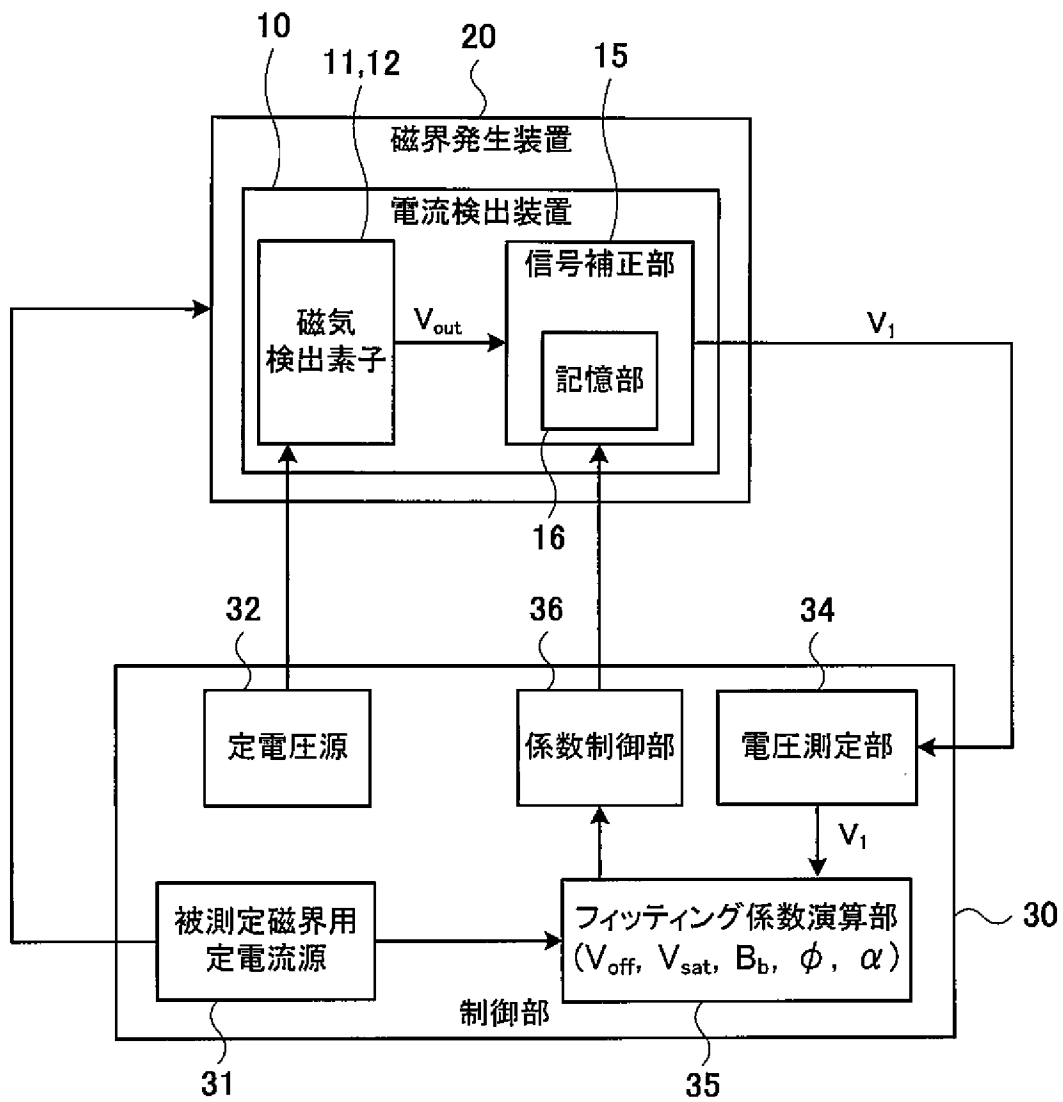
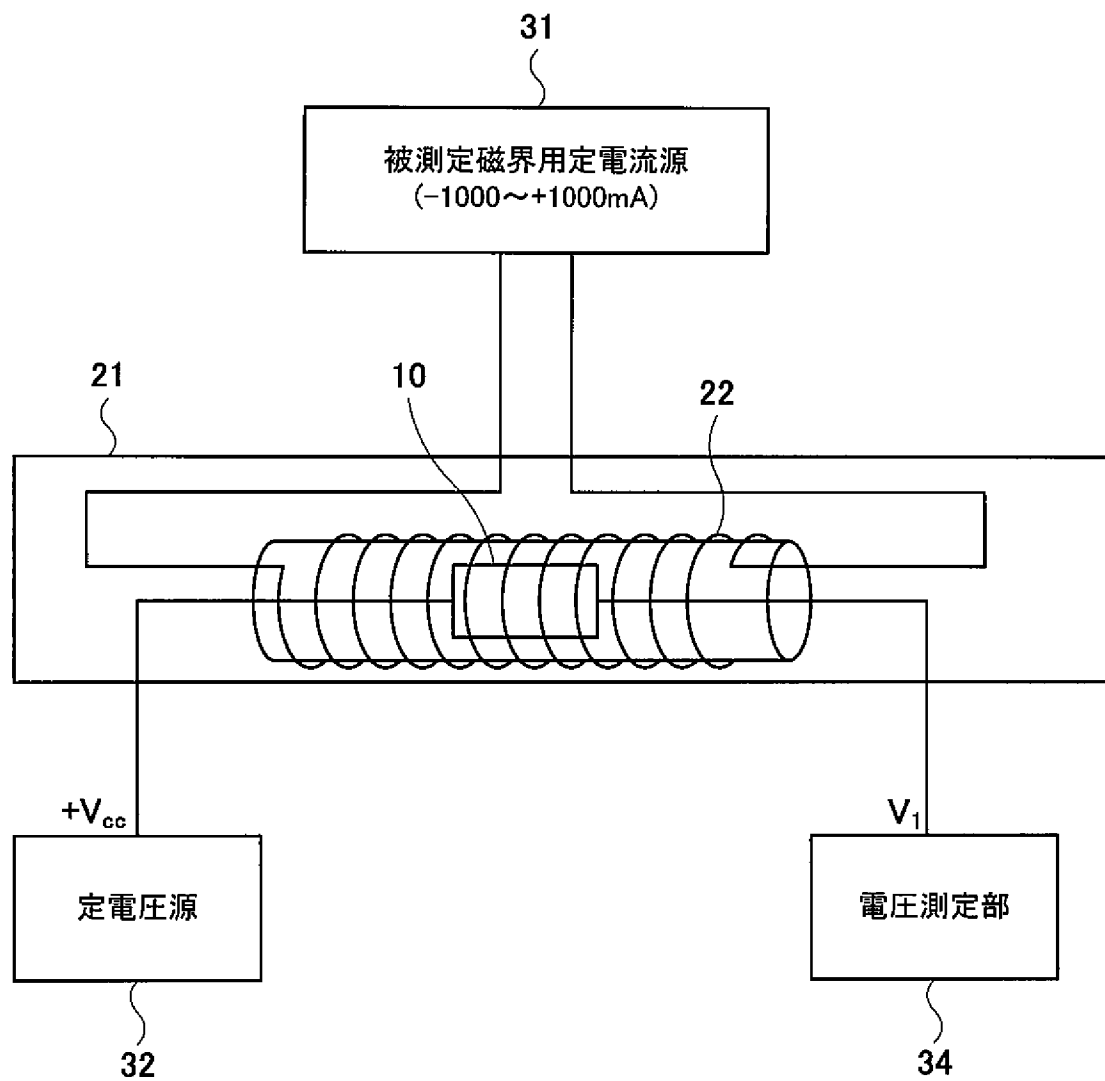


图2



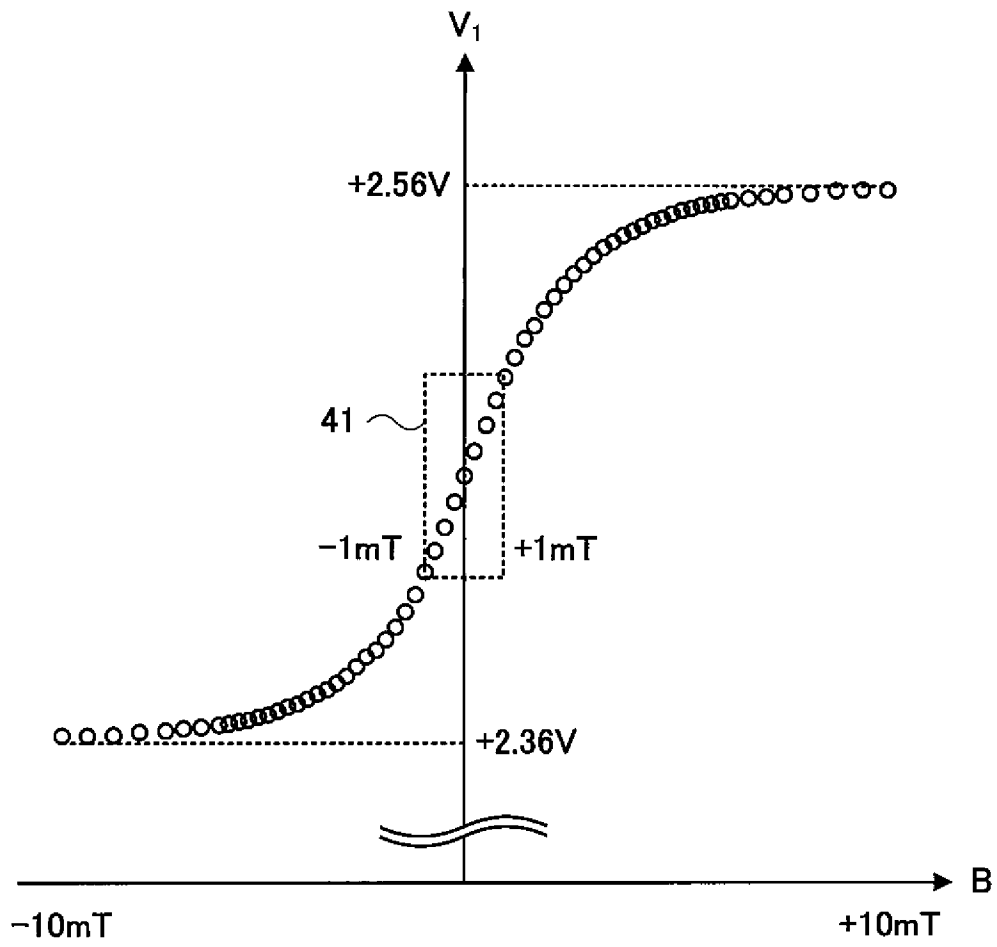
[図3]

図3



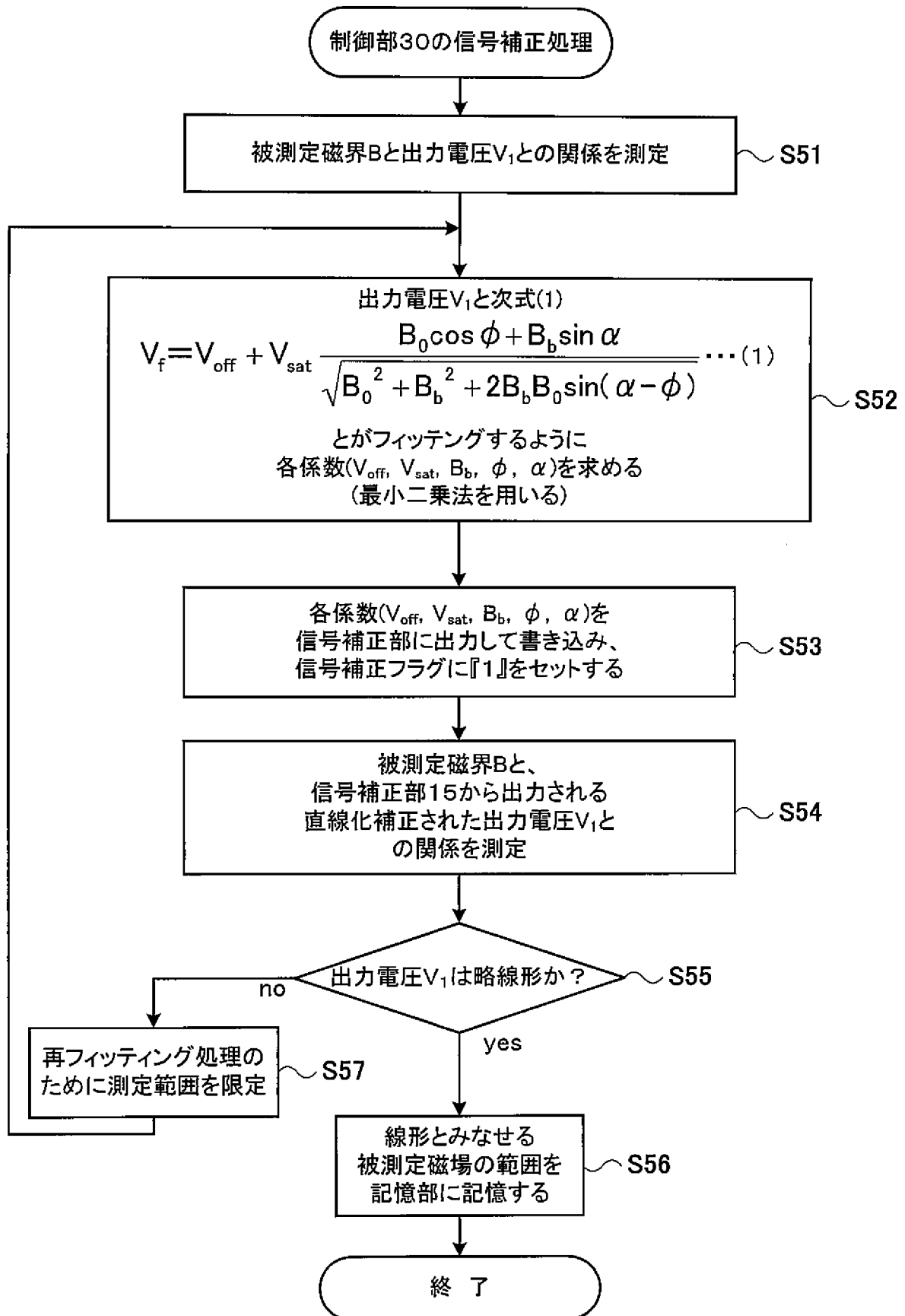
[図4]

図4



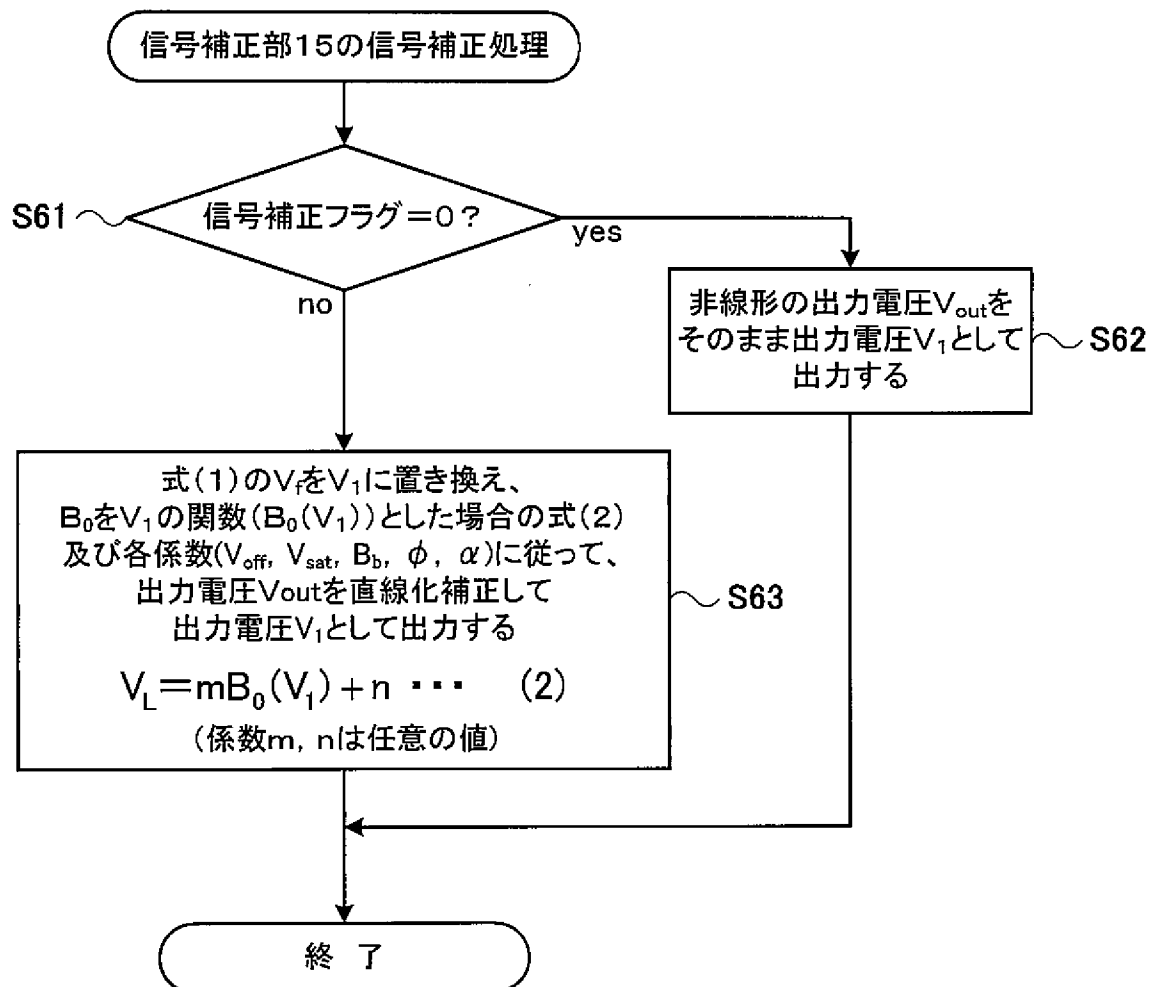
[図5]

図5



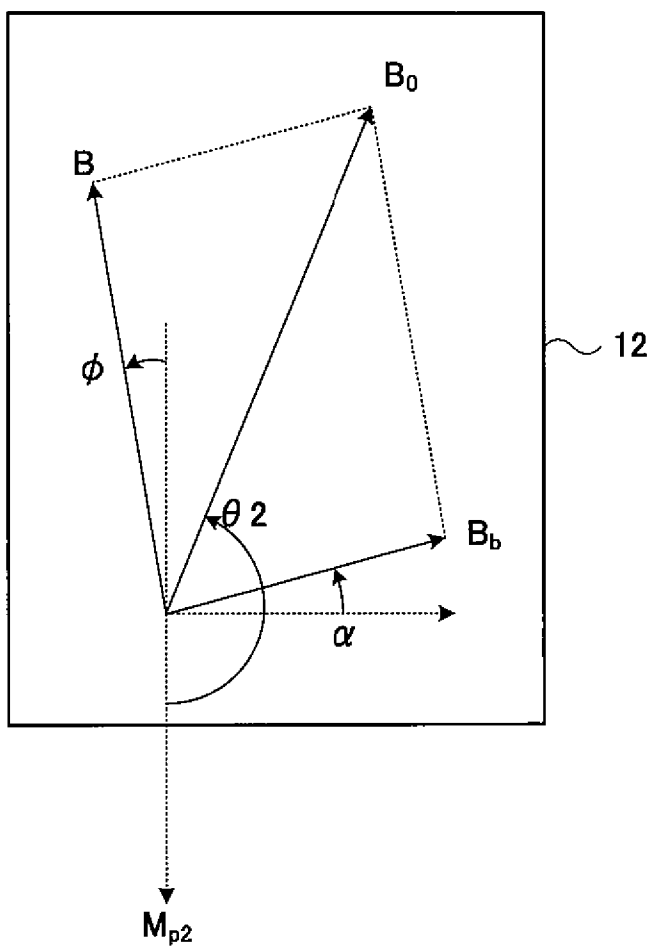
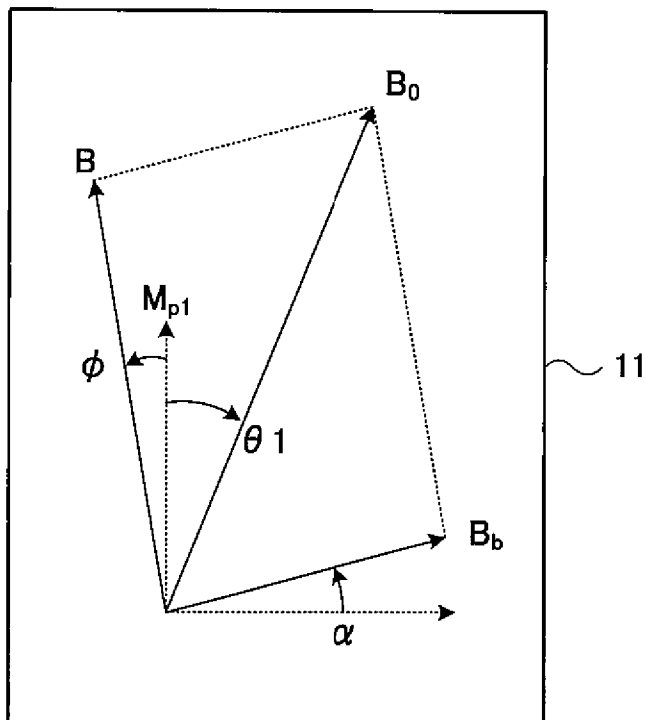
[図6]

図6



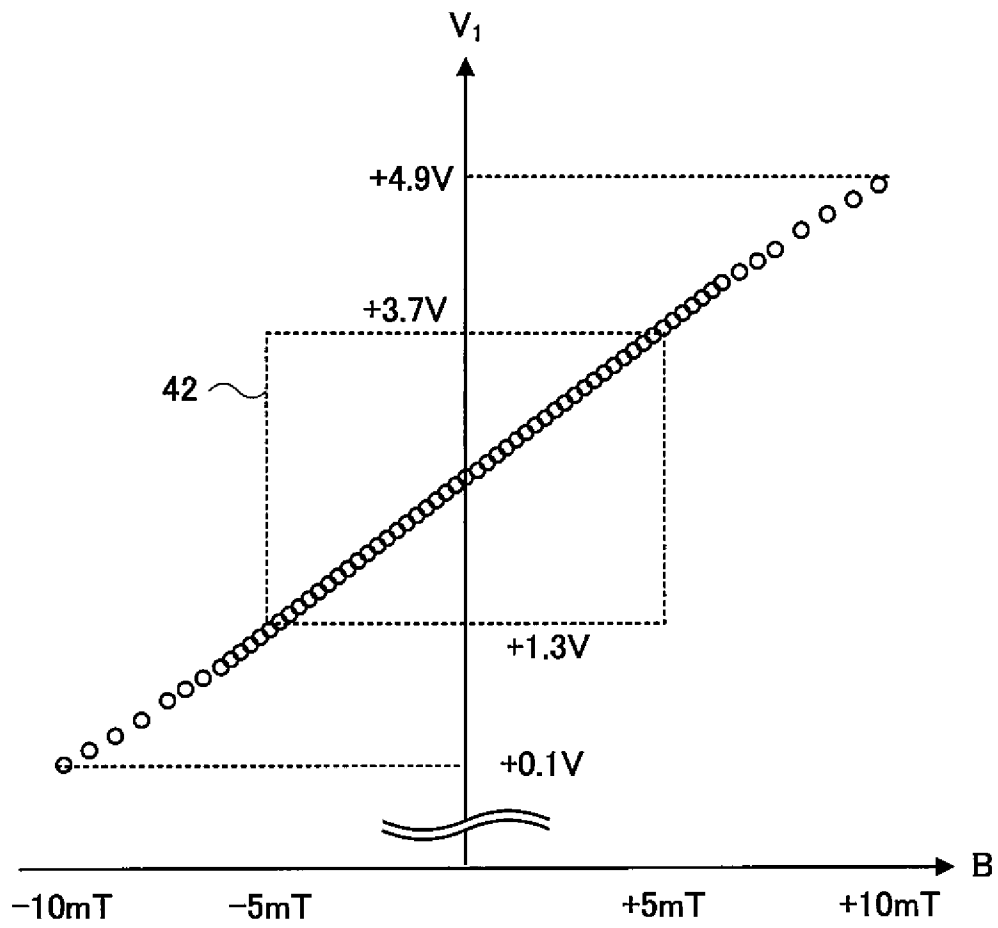
[図7]

図7



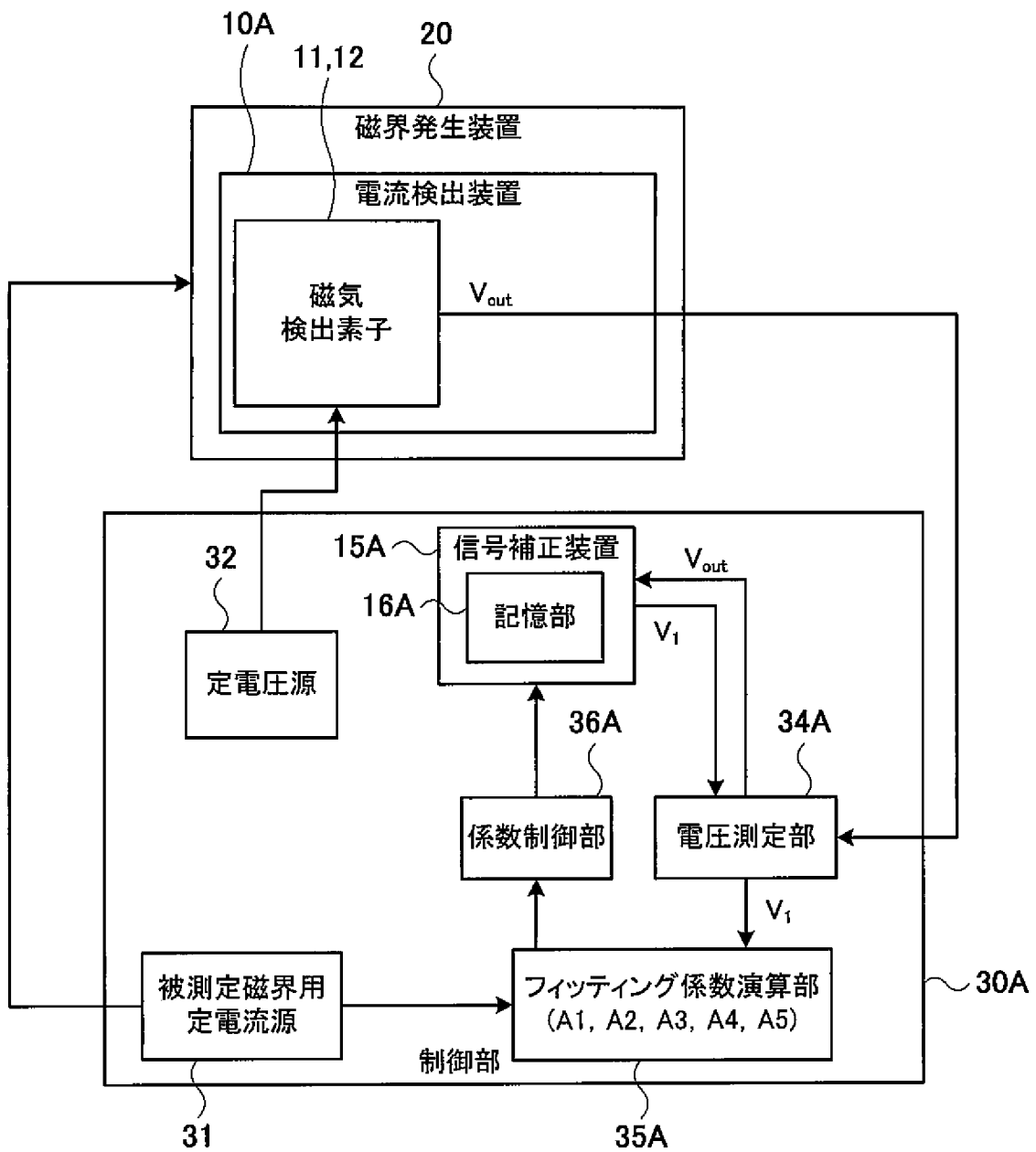
[図8]

図8



[図9]

図9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/077246

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R15/20(2006.01)i, G01R33/09(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)

G01R15/20, G01R33/09

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y A	JP 2001-343439 A (Tokin Corp.), 14 December 2001 (14.12.2001), paragraphs [0016] to [0034]; fig. 1 to 3, 8 to 10 (Family: none)	1, 5, 9-12, 16 2-4, 6-8, 13-15, 17-19
Y A	JP 2008-203238 A (Kohshin Electric Corp.), 04 September 2008 (04.09.2008), paragraphs [0008] to [0015]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1, 5, 9-12, 16 2-4, 6-8, 13-15, 17-19

☐ 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
19 December 2014 (19.12.14)

Date of mailing of the international search report
06 January 2015 (06.01.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01R15/20(2006.01)i, G01R33/09(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（I P C））

Int.Cl. G01R15/20, G01R33/09

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
Y A	JP 2001-343439 A（株式会社トーキン） 2001.12.14, 【0016】 - 【0034】, 【図 1】 - 【図 3】, 【図 8】 - 【図 10】 (ファミリーなし)	1, 5, 9-12, 16 2-4, 6-8, 13- 15, 17-19
Y A	JP 2008-203238 A（甲神電機株式会社） 2008.09.04, 【0008】 - 【0015】, 【図 1】 - 【図 6】 (ファミリーなし)	1, 5, 9-12, 16 2-4, 6-8, 13- 15, 17-19

☐ 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

「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

「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

「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）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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

「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

「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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 9 . 1 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 6 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

菅藤 政明

2 S

5 2 6 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8