

(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
2013 年 10 月 3 日(03.10.2013)



(10) 国際公開番号

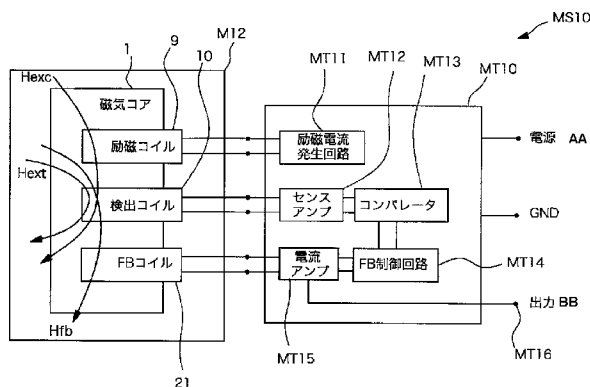
WO 2013/147207 A1

- (51) 国際特許分類:
G01R 33/05 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/059642
- (22) 国際出願日: 2013 年 3 月 29 日(29.03.2013)
- (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 2012-083253 2012 年 3 月 30 日(30.03.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1 丁目 5 番
1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 長洲 勝文 (NAGASU Katsubumi); 〒
2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式
会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA Masatake et al.); 〒
1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号
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,
IS, KE, KG, KM, 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, 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, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MEASUREMENT METHOD FOR MAGNETIC FIELD STRENGTH, FLUX-GATE MAGNETIC ELEMENT, AND MAGNETIC SENSOR

(54) 発明の名称: 磁界強度の測定方法、フラックスゲート型磁気素子および磁気センサ



1 Magnetic core
9 Exciting coil
10 Detection coil
21 FB coil
MT11 Exciting current generating circuit
MT12 Sense amplifier
MT13 Comparator
MT14 FB control circuit
MT15 Current amplifier
AA Power source
BB Output

(57) Abstract: In the present invention, a flux-gate magnetic element formed on a non-magnetic substrate is provided with a magnetic body core, an exciting coil that is wound around the magnetic body core, a detection coil that is wound around the magnetic body core, and a feedback coil that is wound around the magnetic body core.

(57) 要約: 非磁性の基板上に形成されたフラックスゲート型磁気素子は、磁性体コアと、前記磁性体コアに巻き回された励磁コイルと、前記磁性体コアに巻き回された検出コイルと、前記磁性体コアに巻き回されたフィードバックコイルと、を備える。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

磁界強度の測定方法、フラックスゲート型磁気素子および磁気センサ 技術分野

[0001] 本発明は、磁界強度の測定方法、フラックスゲート型磁気素子および磁気センサに関する。

本願は、2012年3月30日に、日本に出願された特願2012-083253号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、磁界の強度を測定するための磁気素子として、フラックスゲート型磁気素子が知られている。フラックスゲート型磁気素子は、小型で感度が高いという特徴を備えており、地磁気を測定する電子コンパスや、電流が作る磁界強度を測定して電流値に換算する電流センサとして用いられている。

[0003] 従来のフラックスゲート型磁気素子の一例として、特許文献1に開示されているフラックスゲート型磁気素子がある。特許文献1のフラックスゲート型磁気素子は、薄膜状の磁性体コアに励磁用コイルと検出コイルが巻回されている。

特許文献1のフラックスゲート型磁気素子は、以下の検出原理により磁界強度を出力する。

まず、磁性体コア材に巻回した励磁用コイルに、一定周期で変動する三角波励磁電流を印加する。その三角波励磁電流によって生じた三角波状の励磁磁界により、磁性コアはB-Hカーブに沿って磁化飽和と磁化方向の反転を繰り返す。この磁化方向が反転するときにパルス状の電圧信号が検出コイルに発生する。

ここに、被測定磁界である外部磁界が印可されたとする。三角波励磁電流によって発生した励磁磁界に外部磁界が足し合わされるため、外部磁界の大きさの分だけパルス電圧信号が発生するタイミングはシフトする。そのパル

ス電圧信号が発生する時間変化を検出回路で取り出すことによって、外部磁界の大きさに応じた出力を得ることができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：WO 2010/134348

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来のフラックスゲート型磁気素子には、次に説明するような問題点があった。

フラックスゲート型磁気素子の磁性体コアは、図4の破線で示すようなB-H曲線の磁気飽和特性を有している。このB-H曲線では、グラフの原点を中心対称として、磁性体コアに印加される磁界Hと磁性体コアの磁束密度Bとの関係が直線的に変化する領域を有している。フラックスゲート型磁気素子は、この直線領域の磁気飽和特性を利用して磁界強度を測定する。

一般的な磁性材料で形成された磁性体コアにおいては、外部磁界が印加されると、磁性体コアの磁気飽和特性が変化し、図4の実線で示すようにB-H曲線における直線領域のリニアリティ（直線性）も変化する。すなわち、外部磁界が印加されることによって、磁界Hと磁束Bとの関係性が乱れた状態となる。さらに、その乱れの度合いは、印加される外部磁界のレンジに応じて異なっており、大きな外部磁界が印加されるほど、B-H曲線のリニアリティも悪化する度合いも大きくなる。

上記の理由により、前述した検出コイルに発生するパルス状の電圧信号が発生するタイミングが外部磁界のレンジによって変化し、特に大きな磁界が印加される場合において、高精度に磁気強度を測定することが困難であった。

[0006] 本発明は、フラックスゲート型磁気素子において、大きな外部磁界が印加されたとしても、高精度に磁界強度を測定することが可能な磁界強度の測定

方法、フラックスゲート型磁気素子および磁気センサを提供する。

課題を解決するための手段

- [0007] 本発明の第1様態に係るフラックスゲート型磁気素子は、非磁性の基板上に形成されたフラックスゲート型磁気素子であって、磁性体コアと、前記磁性体コアに巻き回された励磁コイルと、前記磁性体コアに巻き回された検出コイルと、前記磁性体コアに巻き回されたフィードバックコイルと、を備える。
- [0008] 本発明の第1様態に係るフラックスゲート型磁気素子によれば、フィードバックコイルが設けられているため、磁性体コアにおける被測定磁界を打ち消すようなフィードバック磁界を印加することができる。そのため、磁性体コアにおける実効的な磁界強度を軽減させることが可能となり、磁性体コアの磁気飽和特性を示すB-H曲線の直線性が良好な状態の磁気飽和特性を利用した磁界強度の測定が行われる。したがって、高精度に磁界強度を測定することが可能なフラックスゲート型磁気素子を提供することができる。
- [0009] 本発明の第2様態に係る磁気センサは、磁性体コアと、前記磁性体コアに巻き回された第1のソレノイドコイルおよび第2のソレノイドコイルと、を備え、前記第1のソレノイドコイルおよび第2のソレノイドコイルの何れか一方が励磁コイルとされ他方が検出コイルとされ、前記磁性体コアに巻き回されたフィードバックコイルを有するフラックスゲート型磁気素子と、前記磁性体コアにおける被測定磁界を打ち消すフィードバック磁界を発生させるように、前記フィードバックコイルにフィードバック電流を供給するとともに、該フィードバック電流の値に基づいて被測定磁界の強度を出力する制御用集積回路と、を具える。
- [0010] 本発明の第2様態に係る磁気センサによれば、磁性体コアにおける被測定磁界を打ち消すようにフィードバックコイルからフィードバック磁界が印加されるので、大きな被測定磁界が印加されたとしても、磁性体コアにおける実効的な磁界強度を軽減させることができる。そのため、磁性体コアの磁気飽和特性を示すB-H曲線において、直線性の良好な状態の磁気飽和特性を

利用した磁界強度の測定が行われ、高精度に磁界強度を測定することができる。これにより、磁性体コアの磁気特性に因ることなく測定する磁界強度の範囲を規制されることなく、磁気素子としてのリニアリティ（直線性）を維持した出力を得ることが可能となる。

[0011] 本発明の第3様態に係る磁界強度の測定方法は、磁性体コアと、前記磁性体コアに巻き回された励磁コイル、検出コイルおよびフィードバックコイルと、を備えたフラックスゲート型磁気素子を用いた磁界強度の測定方法であって、前記フィードバックコイルは、前記磁性体コアにおける被測定磁界を打ち消すフィードバック磁界を発生させ、前記フラックスゲート型磁気素子は、前記フィードバックコイルに供給する電流の値に基づいて被測定磁界の強度を出力する。

[0012] 本発明の第3様態に係る磁界強度の測定方法によれば、磁性体コアにおける被測定磁界を打ち消すようにフィードバックコイルからフィードバック磁界が印加されるので、大きな被測定磁界が印加されたとしても、磁性体コアにおける実効的な磁界強度を軽減させることができる。そのため、磁性体コアの磁気飽和特性を示すB-H曲線のリニアリティが変化せず、直線性の良好な磁気飽和特性を利用した磁界強度の測定が行われ、高精度に磁界強度を測定することができる。

[0013] 本発明の第4様態に係る磁界強度の測定方法は、第3様態に係る磁界強度の測定方法において、前記フィードバック磁界の強度は、被測定磁界の磁界強度と略同一であってもよい。

[0014] 本発明の第4様態に係るフラックスゲート型磁気素子を用いた磁界強度の測定方法によれば、磁性体コアに実効的に印加される磁界がほぼゼロとなり、B-H曲線において最も直線性の良好な状態の磁気飽和特性を利用した磁界強度の測定が行われ、より高精度に磁界強度を測定することができる。

[0015] 本発明の第5様態に係る磁界強度の測定方法は、第3様態または第4様態に係る磁界強度の測定方法において、前記フィードバックコイルに供給する電流の電流値は、前記検出コイルからの出力に基づいて決定されてもよい。

[0016] 本発明の第5様態に係るフラックスゲート型磁気素子を用いた磁界強度の測定方法によれば、検出コイルからの出力に基づいてフィードバックコイルに供給される電流の値が決定されるので、磁性体コアの磁気特性に因ることなく、磁気素子としてのリニアリティ（直線性）を維持した出力を得ることが可能となる。

発明の効果

[0017] 本発明の第1様態に係るフラックスゲート型磁気素子によれば、フィードバックコイルが設けられているため、磁性体コアにおける被測定磁界を打ち消すようなフィードバック磁界を印加することができる。そのため、磁性体コアにおける実効的な磁界強度を軽減させることが可能となり、磁性体コアの磁気飽和特性を示すB-H曲線の直線性が良好な状態の磁気飽和特性を利用した磁界強度の測定が行われる。したがって、高精度に磁界強度を測定することが可能なフラックスゲート型磁気素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の第1実施形態に係る磁気センサを示す模式図である。

[図2]磁性体コアにおけるヒステリシス曲線を示すグラフである。

[図3]本発明の第1実施形態に係る磁気センサのフラックスゲート型磁気素子の磁気コアの磁化状態の時間による変化を示すヒステリシス曲線である。

[図4]本発明の第1実施形態に係る磁気センサのフラックスゲート型磁気センサの動作原理を示すグラフである。

[図5]本発明の第1実施形態に係る磁気センサのフラックスゲート型磁気素子を概略的に示す上面模式図である。

[図6]図5におけるラインa-a'に沿って切った横断面図である。

[図7A]図5におけるラインb-b'に沿って切った断面図で、フラックスゲート型磁気素子の製造工程を示す正断面図である。

[図7B]図5におけるラインb-b'に沿って切った断面図で、フラックスゲート型磁気素子の製造工程を示す正断面図である。

[図7C]図5におけるラインb-b'に沿って切った断面図で、フラックスゲ

ート型磁気素子の製造工程を示す正断面図である。

[図7D]図5におけるラインb-b'に沿って切った断面図で、フラックスゲート型磁気素子の製造工程を示す正断面図である。

[図7E]図5におけるラインb-b'に沿って切った断面図で、フラックスゲート型磁気素子の製造工程を示す正断面図である。

[図8]本発明の第1実施形態に係る磁気センサの他の例を示す正断面図である。

[図9]本発明の第1実施形態に係る磁気センサのフラックスゲート型磁気素子の他の例を概略的に示す上面図である。

[図10]本発明の第1実施形態に係る磁気センサのフラックスゲート型磁気センサの動作原理を示すグラフである。

[図11]本発明の第1実施形態に係る磁気センサのフラックスゲート型磁気センサの動作原理を示すグラフである。

[図12]本発明の第1実施形態に係る磁気センサのフラックスゲート型磁気センサの動作原理を示すグラフである。

[図13]本発明の第1実施形態に係る磁気センサの実験例におけるリニアリティを示すグラフである。

[図14]本発明の第1実施形態に係る磁気センサのフラックスゲート型磁気素子の他の例を概略的に示す上面模式図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の第1実施形態に係る磁気センサを、図面に基づいて説明する。

図1は、本発明の第1実施形態に係る磁気センサを示す模式図である。図1において、符号MS10は磁気センサを示している。

[0020] 本発明の第1実施形態に係る磁気センサMS10は、図1に示すように、フラックスゲート型磁気素子M12と、制御用集積回路（信号処理回路）MT10と、を備える。

フラックスゲート型磁気素子M12は、軟磁性材料からなる磁性体コア1

に巻回された励磁コイル 9、検出コイル 10、フィードバックコイル 21、を有する。

制御用集積回路 MT 10 は、励磁電流発生回路 MT 11、センスアンプ MT 12、コンパレータ MT 13、フィードバック制御回路（FB 制御回路）MT 14、電流アンプ MT 15、出力端子 MT 16 を有する。

磁気センサ MS 10 は、例えば導電路に流れる電流が作る被測定磁界を測定するための電流センサなどである。

[0021] 励磁コイル 9 は、励磁電流発生回路 MT 11 に接続される。後述するように連続波形とされる励磁電流信号が励磁コイル 9 に供給される。

検出コイル 10 は、センスアンプ MT 12 に接続される。センスアンプ MT 12 では、検出コイル 10 からの出力信号が増幅される。センスアンプ MT 12 は、コンパレータ MT 13 に接続される。コンパレータ MT 13 は、フィードバック制御回路 MT 14 に接続される。フィードバック制御回路 MT 14 は、電流アンプ MT 15 に接続される。電流アンプ MT 15 は、フィードバックコイル 21 および出力端子 MT 16 に接続される。

[0022] 励磁電流発生回路 MT 11 が発生させる三角波の励磁電流が励磁コイル 9 に供給され、それに伴い励磁磁界が磁性体コア 1 に発生する。磁性体コア 1 に発生した励磁磁界は、正負交互に磁界の向きが変動する。検出コイル 10 においては、磁界の向きが切り替わるタイミングでパルス状の誘導電圧信号（検出信号）が発生する。検出コイル 10 に発生したパルス状の誘導電圧信号（検出信号）は、検出コイル 10 に接続された端子を通してセンスアンプ MT 12 へ入力される。センスアンプ MT 12 は、この検出信号を後段のコンパレータ MT 13 が動作可能な程度まで増幅する。

[0023] コンパレータ MT 13 には、センスアンプ MT 12 で増幅された検出信号が入力される。コンパレータ MT 13 は、この増幅された検出信号の電圧値と、予め定められた閾値電圧値とを比較し、その結果に応じて High 値または Low 値の信号を出力する。このように、コンパレータ MT 13 は、検出信号を PWM（Pulse Width Modulation）波形に変換する。

コンパレータMT 1 3が出力したH i g h値の維持時間とL o w値の維持時間の比は、D u t y比と呼ばれる。このD u t y比が5 0 : 5 0であれば外部磁界（被測定磁界）が印加されていない状態である。5 0 : 5 0から外れていれば、外部磁界（被測定磁界）が印加されている状態である。5 0 : 5 0から大きく外れるほど、大きな外部磁界（被測定磁界）が印加されていることを示す。

[0024] フィードバック制御回路MT 1 4は、コンパレータMT 1 3からの出力であるH i g h値の維持時間とL o w値の維持時間のD u t y比が5 0 : 5 0からずれた場合に、そのずれ量に応じた値の直流電圧信号を出力する。

電流アンプMT 1 5は、フィードバック制御回路MT 1 4が出力した直流電圧信号を基にして、D u t y比を5 0 : 5 0に近づけるためのフィードバック電流をフィードバックコイル2 1に供給する。これにより、磁性体コアにおける磁化状態は、実効的には外部磁界が印可されていない状態となる。

[0025] 本発明の第1実施形態の磁界強度の測定方法を、磁気センサMS 1 0を構成するフラックスゲート型磁気素子M 1 2等の動作原理を通して説明する。

図2は、フラックスゲート型磁気素子の動作原理を示すグラフである。図2（a）は、励磁コイルに供給する三角波励磁電流の時間変化を示すグラフである。図2（b）は、コアの磁化状態の時間変化を示すグラフである。図2（c）は、検出コイルに生じる検出信号の時間変化を示すグラフである。図3は、フラックスゲート型磁気素子M 1 2の磁性体コアの磁化状態の時間による変化を示すB-H曲線（ヒステリシス曲線）である。

[0026] 励磁電流発生回路MT 1 1から、図2（a）に示すような三角波励磁電流を励磁コイル9に供給すると、励磁コイル9の作る励磁磁界H e x cにより磁性体コア1に励磁磁界が生じる。図2（a）の横軸は時間を、縦軸は電流値を示す。磁性体コア1は、図3に示すような磁気飽和特性を有するため、磁性体コア1における磁化状態は、図2（b）に示すような時間変化をする。図2（b）の横軸は時間を、縦軸は磁性体コア1における磁束密度Bを示す。検出コイル1 0には、磁性体コア1の磁化状態の極性が反転するタイミ

ング、すなわち時間変化 dB/dt が存在するタイミングにおいて、磁性体コア 1 の断面積 S 、ピックアップコイル 10 の巻き数 N に比例した誘導電圧 $V_{pu} = NS \times dB/dt$ が生じる。検出コイル 10 に発生する誘導電圧 V_{pu} は、図 2 (c) に示すような時間変化をするパルス状の誘導電圧信号（検出信号）である。図 2 (c) の横軸は時間を、縦軸は電圧値を示す。磁性体コア 1 の磁束密度 B の時間変化 dB/dt が大きいほど、誘導電圧信号の波高値は高くなり、パルス幅は狭くなり、より急峻なパルス状波形の誘導電圧信号が得られる。図 2 (c) における時間間隔 t_1 は、外部磁界（被測定磁界） H_{ext} 、磁性体コア 1 の磁束密度 B が増加する時と減少する時との磁場の強さ H のずれ H_c 、励磁コイル 9 の作る磁界 H_{exc} 、三角波励磁電流の周期 T 及びコイルのインダクタンスによる遅延時間 T_d を用いて、式（1）のように表される。

[数1]

$$t_1 = \left(\frac{H_{exc} + H_c - H_{ext}}{H_{exc}} \right) \frac{T}{4} + T_d \cdots (1)$$

[0027] 同様に、図 2 の (c) における時間間隔 t_2 は、式（2）のように表される。

[数2]

$$t_2 = \left(\frac{H_{exc} + H_c - H_{ext}}{H_{exc}} \right) \frac{T}{4} + T_d \cdots (2)$$

式（1）及び式（2）より、外部磁界によって生ずる時間間隔の変化量 $t_2 - t_1$ は、式（3）のように表される。

[数3]

$$t_2 - t_1 = \frac{H_{ext}}{H_{exc}} \frac{T}{2} \cdots (3)$$

[0028] 式（3）より、外部磁界によって生ずる時間間隔の変化 $t_2 - t_1$ は、外

部磁界 H_{ext} と励磁コイル 9 の作る励磁磁界 H_{exc} の比 H_{ext}/H_{exc} および三角波励磁電流の周期 T に依存することがわかる。外部磁界に対する感度 $S = d(t_2 - t_1) / dH_{ext}$ は、励磁コイル 9 に通電する三角波励磁電流の振幅 I_{exc} 、励磁コイル 9 に流れる三角波励磁電流の単位電流当たりの発生磁界（励磁効率 α ）、及び三角波励磁電流の周期 T を用いて、 $S = T / (2 \cdot I_{exc} \times \alpha)$ で表される。よって、三角波励磁電流の振幅 I_{exc} が大きいほど、フラックスゲート型磁気素子 M12 の感度 S は小さくなる。そして、三角波励磁電流の周期 T が大きいほど、フラックスゲート型磁気素子の感度 S は大きくなる。

[0029] 励磁効率 α は、フラックスゲート磁気素子 M12 を構成する磁性体コア 1 と励磁コイル 9 の巻き数によって決定される値である。励磁効率 α が大きいほど、同一感度で同一の磁界範囲を測定しようとした場合には、少ない電流でフラックスゲート磁気素子 M12 を駆動することができる。また、式 (3) において、外部磁界 $H_{ext} = H_{exc}$ となると式 (3) は 0 となり、このときの外部磁界 H_{ext} が測定可能な磁界範囲の上限となる。 $H_{exc} = \alpha \times I_{exc}$ で表されることから、励磁効率 α が大きいほど、同一の電流で駆動した場合に広い測定可能な磁界範囲を有するフラックスゲート型磁気素子となる。

[0030] この励磁効率 α は、励磁コイル 9 に三角波励磁電流を通電することにより磁性体コア 1 に発生する磁束密度と、外部磁界により磁性体コア 1 に発生する磁束密度との比率を示すものである。励磁効率 α は、磁性体コア 1 のヒステリシス曲線の非飽和領域における磁気密度 B の外部磁界 H_{ext} に対する傾き dB/dH_{ext} と、同じく磁性体コア 1 の磁束密度 B の励磁コイルに流れる三角波励磁電流 I_{exc} に対する傾き dB/dI_{exc} との比率により決まり、式 (4) で表される。

[数4]

$$\alpha = \frac{dB/dI_{exc}}{dB/dH_{ext}} \dots (4)$$

[0031] すなわち、上記のように磁気センサMS 10は、制御用集積回路（信号処理回路）MT 10の励磁電流発生回路MT 11から励磁コイル9へ、連続して振動する三角波形の励磁電流を供給し、磁性体コア1における磁束の向きが連続的に振動して飽和する磁場を発生させる。磁性体コア1内においては、磁束の向きが反転するタイミングでパルス状の誘導電圧が検出コイル10にて発生する。この検出コイル10から出力されたパルス状の誘導電圧信号の時間間隔T0を、外部磁界Hextが印加されていない場合と印加されている場合とにおける差異が最小となるように、磁性体コア1に巻回されたフィードバックコイル21にフィードバック電流を供給する。

[0032] より具体的な動作原理を図10～図12を用いて説明する。

[0033] （外部磁界Hext = 0の場合）

図10（a）に示すように、励磁電流発生回路MT 11は、周期Tで変動する三角波励磁電流を励磁コイル9に供給する。それに伴って磁性体コア1において励磁磁界が発生する。図10（b）は、磁性体コア1における磁化状態の時間変化を示す。外部磁界Hext = 0であるため、磁性体コア1における磁化状態は励磁磁界のみの影響を受け、三角波励磁電流と同期して変動する。したがって、三角波電流の極性が反転する時刻t2、t4、t6、t8と同じタイミングで、磁性体コア1における磁化状態（磁化方向）が反転する。図10（c）は、磁性体コア1の磁化状態が反転するときに検出コイル10に発生するパルス状の誘導電圧信号を示す。磁性体コア1の磁化状態が負から正へ反転する時刻t2とt6においては、正符号の誘導電圧信号K+が発生する。磁性体コア1の磁化状態が正から負へ反転する時刻t4とt8においては、負符号の誘導電圧信号K-が発生する。

[0034] 検出コイル10に発生した誘導電圧信号（K+、K-）は、フラックスゲート型磁気素子M12の出力として制御用集積回路MT 10に入力される。まず、センスアンプMT 12において誘導電圧信号が増幅され、続いてコンパレータMT 13に入力される。コンパレータMT 13は、図10（d）に示すように、増幅された誘導電圧信号をPWM（Pulse Width Modulation）

波形へと変調する。すなわち、増幅された誘導電圧信号の電圧値と予め定められた閾値電圧値とを比較し、増幅された誘導電圧信号の電圧値の方が大きい場合はH i g hが維持され、増幅された誘導電圧信号の方が小さい場合はL o wが維持された電圧信号を出力する。H i g hが維持される時間幅を T_H 、L o wが維持される時間幅を T_L とすると、外部磁界 $H_{ext} = 0$ である場合においては $T_H = T_L$ となり、これが基準時間間隔 T_0 （ゼロ）とされる。基準時間間隔 T_0 は、三角波電流の半周期 $T/2$ と等しい。H i g hの時間幅（ T_H ）とL o wの時間幅（ T_L ）とのD u t y比は、 $T_0 : T_0 (= 50 : 50)$ となる。

[0035] コンパレータMT 1 3において変調された信号は、L P F（ローパスフィルタ）フィードバック制御回路1 4へ入力される。信号は、フィードバック制御回路MT 1 4、電流アンプMT 1 5を経てフィードバック電流としてフィードバックコイル2 1に出力されるとともに、電流アンプMT 1 5からの出力値が出力端子MT 1 6から外部磁界強度の指標を表す磁気センサの出力として連続的に出力される。この出力が、外部磁界 $H_{ext} = 0$ における出力となる。

[0036] （外部磁界 $H_{ext} > 0$ の場合）

図1 0（a）に示す外部磁界 $H_{ext} = 0$ の場合と同様に、図1 1（a）に示した三角波電流が励磁コイル9に供給されると、磁性体コア1に励磁磁界が発生する。磁性体コア1における磁化状態は、励磁磁界に加えて外部磁界 H_{ext} の影響を受ける。そのため、磁性体コア1における磁化状態の時間変化を示すグラフは、図1 1（b）に示すように、図1 0（b）の波形が一方の側（図1 1（b）では負の側）へシフトした形状となる。そうすると、磁性体コア1における磁化状態（磁化方向）が反転するタイミングが、励磁コイル9の三角波電流の変動と同期しなくなる。例えば、磁性体コアの磁化方向が負から正へ反転するタイミングが、時刻 t_2 、 t_6 からシフトとして、それぞれ時刻 t_3 、 t_7 へ近づく。そのため、正符号のパルス状誘導電圧信号 $K+$ が発生するタイミングも、時刻 t_3 、 t_7 へ近づく（図1 1（c）

))。一方、磁性体コア1の磁化方向が正から負へ反転するタイミングが、時刻 t_4 、 t_8 からシフトして、それぞれ時刻 t_3 、 t_7 へ近づく。そのため、負符号のパルス状の誘導電圧信号 K^- が発生するタイミングも、時刻 t_3 、 t_7 へ近づく(図11(c))。

[0037] その結果、コンパレータMT13において変調されたあとのHighの時間幅 T_H とLowの時間幅 T_L も変化し、図11(d)に示すように $T_H < T_L$ となる。このときの T_H を T_1 とし、 T_L を T_2 とすると、 T_1 は基準時間間隔 T_0 よりも小さくなり、 T_2 は基準時間間隔 T_0 よりも大きくなる。この基準時間間隔 T_0 と T_1 、 T_2 との差分だけ、外部磁界 H_{ext} の影響をキャンセルするような、つまり外部磁界 H_{ext} と逆方向の磁界を発生させるように、電流アンプMT15からフィードバックコイル21にフィードバック電流が供給される。フィードバックコイル21は、外部磁界 H_{ext} をキャンセルするような方向と大きさを有するフィードバック磁界 H_{fb} を発生させるので、磁性体コア1における外部磁界 H_{ext} は低減され、外部磁界 $H_{ext} = 0$ の付近の磁場状態が維持される。

[0038] これを、B-H曲線を用いて説明すると、外部磁界 $H_{ext} > 0$ が印可されたとしても、磁性体コア1の磁化状態はB-H曲線のリニアリティ(直線性)が低下した状態へと変化せず、リニアリティの良好な状態の磁気飽和特性を利用した磁気強度の測定が可能となる。したがって、大きな外部磁界が印可されたとしても、フィードバック磁界によって磁性体コアにおける実効的な磁化状態は、外部磁界 $H_{ext} = 0$ の状態へと近づき、リニアリティの良好なB-H曲線を利用した磁界強度の測定を行うことができる。

なお、電流アンプMT15からの出力は、端子MT16を通して外部磁界強度表す磁気センサの出力として連続的に出力される。

[0039] (外部磁界 $H_{ext} < 0$ の場合)

図12(a)(図10(a)、図11(a)と同じ)に示した三角波電流が励磁コイル9に供給されると、磁性体コア1に励磁磁界が発生する。磁性体コア1における磁化状態は、励磁磁界に加えて外部磁界 H_{ext} の影響を

受ける。上述した外部磁界 $H_{ext} > 0$ の場合とは逆の作用が働くため、コンパレータ $MT13$ において変調された後の $High$ の時間幅 T_H と Low の時間幅 T_L は、図 12 (d) に示すように、 $T_H > T_L$ となる。このときの T_H を T_3 とし、 T_L を T_4 とすると、 T_3 は基準時間間隔 T_0 よりも大きくなり、 T_4 は基準時間間隔 T_0 よりも小さくなる。この基準時間間隔 T_0 と、 T_3 および T_4 との差分だけ外部磁界 H_{ext} をキャンセルするような、つまり外部磁界 H_{ext} と逆方向の磁界を発生させるように、電流アンプ $MT15$ からフィードバックコイル 21 にフィードバック電流 21 が供給される。フィードバックコイル 21 は、外部磁界 H_{ext} をキャンセルするような方向と大きさを有するフィードバック磁界 H_{fb} を発生させるので、磁性体コア 1 における外部磁界 H_{ext} をキャンセルし、外部磁界 $H_{ext} = 0$ 付近の磁場状態が維持される。

[0040] これを、 $B-H$ 曲線を用いて説明すると、外部磁界 $H_{ext} < 0$ が印可されたとしても、磁性体コア 1 の磁化状態は $B-H$ 曲線のリニアリティ（直線性）が低下した状態へと変化せず、リニアリティの良好な磁気飽和特性を利用した磁気強度の測定が可能となる。したがって、大きな外部磁界が印可されたとしても、フィードバック磁界によって磁性体コアにおける実効的な磁化状態は、外部磁界 $H_{ext} = 0$ の状態へと近づき、リニアリティの良好な $B-H$ 曲線を利用した磁界強度の測定を行うことができる。

なお、電流アンプ $MT15$ からの出力は、端子 $MT16$ を通して外部磁界強度表す磁気センサの出力として連続的に出力される。

[0041] 以上のような原理に基づいて、フィードバック電流がフィードバックコイル 21 へと供給される。そして、端子 $MT16$ から出力される外部磁界強度の出力信号は、連続変化量であるアナログ値として出力することができる。あるいは、デジタル的にピーク間隔をカウントする手法を用いてもよい。

[0042] なお、外部磁界 H_{ext} によって変化するパルス信号 $K+$ 、 $K-$ の時間間隔に応じてフィードバック電流を出力したが、このフィードバック電流は、

フィードバックコイル 21 のみならず、励磁コイル 9 や検出コイル 10 に流すこともできる。この場合、励磁コイル 9 に供給する三角波電流や、検出コイルに発生する誘導電圧信号にフィードバック電流の一部を重畳することで実現が可能である。

さらに、フィードバック電流を励磁コイル 9 や検出コイル 10 に流した場合には、図 9 に示すように、フィードバックコイル 21 を励磁コイル 9 や検出コイル 10 と兼用させることができる。この場合、電流アンプ MT 15 のフィードバック端子は、励磁コイル 9 あるいは検出コイル 10 に接続される。

[0043] 次に、磁気素子 M 12 について説明する。

[0044] 本実施形態の磁気素子 M 12 は、例えば、phase-delay methodを用いたフラックスゲート型とされてなることができる。磁気素子 M 12 の磁性体コア 1 の長手方向は、フラックスゲート型の磁気素子 M 12 の感磁方向と一致している。

[0045] 図 5 は、本発明の第 1 実施形態に係るフラックスゲート型磁気素子を概略的に示す上面図である。図 6 は、図 5 におけるライン a-a' に沿って切った横断面図である。図 7 A～図 7 E は、図 5 におけるライン b-b' に沿って切った製造工程を示す正断面図である。

[0046] 本発明の第 1 実施形態に係るフラックスゲート型磁気素子 M 12 は、図 5、図 6 に示すように、磁性体コア 1 と、第 1 配線層 4 と、第 1 絶縁層 5 と、第 2 絶縁層 6 と、第 2 配線層 7 と、開口部 8 と、基板 M 13 とを有する。第 1 配線層 4 及び第 2 配線層 7 は、磁性体コア 1 に巻き回された励磁コイル（ソレノイドコイル） 9、検出コイル（ソレノイドコイル） 10、フィードバックコイル（ソレノイドコイル） 21 を構成している。

磁性体コア 1 の平面形状は長手方向を有する形状であり、その断面形状は磁性材料を成膜して形成した薄膜形状である。

励磁コイル 9、検出コイル 10、フィードバックコイル 21 は、磁性体コア 1 の長手方向の全長に亘って形成されている。そして、それぞれの配線が

略平行になるように、三重らせんとして巻回されている。

[0047] 図7A～図7Eを用いて、本実施形態に係るフラックスゲート型磁気素子の形成方法を説明する。

図7Aに示すように、非磁性の基板M13の上に、ソレノイドコイルの下側配線を形成するための第1配線層4が形成される。次に、図7Bに示すように、第1配線層4の上に、磁性体コア1とソレノイドコイルを絶縁するための第1絶縁層5とが形成される。第1絶縁層5には、第1配線層4と後に形成されるソレノイドコイルの上側配線となる第2配線層7とが接続される部分に開口部8が設けられる。

図7Cに示すように、第1絶縁層5の上に軟磁性体膜からなる磁性体コア1が形成される。次に、図7Dに示すように、磁性体コア1の上には、第1配線層4と第2配線層7の接続部に開口部8を設けた第2絶縁層6が形成される。第2絶縁層6の上には、図7Eに示すように、第1配線層4の隣接する配線どうしをその端部にて接続するように第2配線層7が形成されて、ソレノイドコイルを形成している。配線は、2つおきに隣接する配線と接続されるため、断面におけるソレノイドコイルのループは閉じない。

[0048] 第1配線層4および第2配線層7により形成されたソレノイドコイルによって、励磁コイル9、検出コイル10、フィードバックコイル21が設けられる。これらは、いずれも磁性体コア1に、それぞれ独立に巻き回されている。検出コイル10の両端には、外部と接続するための電極パッド11が形成されている。励磁コイル9の両端には、外部と接続するための電極パッド12が形成されている。フィードバックコイル21の両端には、外部と接続するための電極パッド13が形成されている。電極パッド11はセンスアンプMT12への端子に接続され、電極パッド12は、励磁電流発生回路MT11への端子へ接続され、電極パッド13は電流アンプMT15への端子にそれぞれ接続されている。

ここで、励磁コイル9、検出コイル10及びフィードバックコイル21は、いずれも巻き数が同じで対称とすることができる。特に、フィードバック

コイル 21 は、そのピッチが均一になるように、磁性体コア 1 の全長にわたって巻回されている。

なお、これらの図は模式的に示されており、各ソレノイドコイルに関しては一部が省略されている。また、磁気素子 M12 の細部形状は、図に示された形状に限定されるものではない。

[0049] 磁性体コア 1 は、その周囲に巻き回された励磁コイル 9 に通電することにより励磁される。そして、磁性体コア 1 の磁化方向が反転すると検出コイル 10 に誘導電圧が発生する。励磁コイル 9 に対して、電極パッド 12 を介して時間的に変化する三角波電流を外部より通電することにより磁性体コア 1 が励磁され、発生した磁界が反転することにより検出コイル 10 にパルス状の誘導電圧が発生する。検出コイル 10 に発生した誘導電圧は電極パッド 11 を介して制御用集積回路 MT10 に出力される。そして、制御用集積回路 MT10 の内部において信号処理が進行し、フィードバック電流として電極パッド 13 を介してフィードバックコイル 21 に印加される。

[0050] 本発明の第 1 実施形態に示したものは一例であり、磁性体コア 1、励磁コイル 9、検出コイル 10 及びフィードバックコイル 21 の配置は、上記の構成に限定されることなく、他の配置とすることができる。特に、励磁コイル 9、検出コイル 10、フィードバックコイル 21 は、三重らせん以外の配置も可能である。

[0051] 例えば、図 14 に示したフラックスゲート型磁気素子であってもよい。図 14 に示したフラックスゲート型磁気素子は、磁性体コア 1 の平面形状は、その長手方向の中央部が括れた形状となっており、両端部 1a は中央部 1b よりも幅広に形成されている。磁性体コア 1 の中央部には検出コイル 10 が巻回されており、幅広な両端部 1a には励磁コイル 9 が巻回されている。そして、磁性体コア 1 の全長に亘ってフィードバックコイル 21 が巻回されている。そして、それぞれの配線が略平行になるように、三重らせんとして巻回されている。なお、図 5、図 14 においては、コイルを識別するために、ハッチングを付してある。また、図 14 においては、磁性体コア 1 およびコ

イル9、10、21、電極パッド11、12、13以外の構成は省略した記載となっている。

[0052] 磁気センサM10は、図8に示すように、減磁体M11を有するものとすることもできる。

この場合、磁気センサM10は、パッケージM10aに実装されたチップ状の軟磁性体からなる減磁体M11と、非磁性基板M13上に形成された磁気コア1を有するフラックスゲート型薄膜磁気素子M12と、リードフレームM14と磁気素子M12を電氣的に接続するボンディングワイヤM15から構成される。磁気素子M12は板状の減磁体（チップ状軟磁性体）M11の上に積層して実装されている。磁気センサM10の感磁方向は、基板M13表面と平行方向である。減磁体M11には、例えばNiFeなどの金属軟磁性体材料や、Co系アモルファス等、フェライト等ノミルク状の軟磁性体や、シート状の軟磁性体を用いることができる。

[0053] 減磁体M11は、後述する磁気コアの表面から離間した位置に設けられて該第1の磁性体に流入する外部磁界 H_{ext} を低減するものとされ、基板M13は、磁気コア1に流入する外部磁界 H_{ext} が減磁体M11によって低減する分を制御するために、磁気素子M12と減磁体M11との距離を設定する距離設定部とされる。距離設定部は、磁気素子M12と一体とされている。

減磁体M11と磁気素子M12との距離は、基板M13の厚みにより設定されている。減磁体M11は、平面視して、磁気素子M12の長手方向において、磁気素子M12よりも広い領域を覆うように形成することが望ましい。これにより、外部磁界 H_{ext} の大部分は減磁体M11に吸収され、外部磁界 H_{ext} の成分のうちの一部のみが磁気素子M12の磁気コア1に印加される。

[0054] 本発明の第1実施形態においては、磁性体コア1の磁化状態は、外部から磁性体コア1に流入する外部磁界（被測定磁界） H_{ext} をキャンセルし、外部磁界 $H_{ext} = 0$ であるときとほぼ等しい状態となるように、フィード

バックコイル 21 からフィードバック磁界 H_{fb} を磁性体コア 1 に印加する。したがって、磁性体コア 1 が飽和してしまう程度に外部磁界 H_{ext} が大きい場合や、外部磁界 H_{ext} がゼロ点から離れた領域で磁性体コア 1 の $B-H$ 曲線の線形性が乱れている場合にも、これらの影響を排除して、線形性の高い状態で外部磁界 H_{ext} の測定をおこなうことができる。このため、磁気素子 M_{12} の構造（磁性体コアやコイル配線のサイズなど）に依存することなく、広い範囲の磁界強度に対応した磁気センサ MS_{10} とすることが可能である。同時に、フィードバック電流の値を決定する要素が、励磁コイル 9 に供給する三角波電流の周期 T と励磁コイル 9 および励磁磁界とフィードバックコイル 21 が作るフィードバック磁界 H_{fb} のみであり、磁性体コア 1 の特性は殆ど寄与しない。そのため、従来の磁気センサに比べ、素子自体の特性の影響を非常に小さくできる。

[0055] また、従来は励磁コイル 9 に流す三角波電流の周期 T よりも長いカウンターの倍数で設定された時間間隔によって磁界強度出力を断続的に出力することしかできなかったが、本実施形態により、連続して磁界強度出力をおこなうことが可能になり磁気センサとしての測定精度を向上させることができる。具体的には、カウンターによる出力が 1 mSec 程度の周期でおこなわれていたのに対し、本実施形態では、ほぼタイムラグなくアナログ値を連続して出力することが可能となる。

[0056] 本発明の第 1 実施形態は磁気素子 M_{12} および制御用集積回路 MT_{10} がいずれも 1 個ずつ配置された例としたが、磁気素子 M_{12} を複数用いてもよく、この場合には、制御用集積回路 MT_{10} を増やす、マルチプレクサを用いるなどして、磁気素子の数に対応することができる。その場合、複数の磁気素子 M_{12} の測定結果を相互に参照するなど複数の出力を用いて演算を行うことで測定をより高精度にすることも可能である。

[0057] （実験例 1）

実験例 1 として、図 13 に示すように、測定する磁界 H_{ext} を変化させたときのリニアリティ誤差を算出した。

ここで、リニアリティ誤差 Δ は、測定出力 H_{out} に対し、

$$\Delta = (H_{out} - H_{ext}) / H_{ext} \times 100 (\%)$$

とした。

この結果から、本発明の実施形態に係るフィードバックをおこなう磁気センサにおいては、外部磁界の範囲によらず、リニアリティが向上することがわかる。

[0058] 以上、本発明の好適な実施形態について説明し例証したが、これらはあくまで発明の例示であって限定的に考慮されるべきものではなく、追加、削除、置換及び他の変更は本発明の範囲を逸脱しない範囲で可能である。即ち、本発明は前述した実施形態により限定されるものではなく、請求項の範囲により限定されるものである。

産業上の利用可能性

[0059] 本発明のフラックスゲート型磁気素子は小型の磁気センサとして利用でき、またその磁気センサは電子方位計等として携帯電話、ポータブルナビゲーションデバイス、ゲームコントローラなどに広く利用される。本発明の活用例としては、自動車の駆動系、蓄電池への入出力線など大電流に対する電流計がある。

符号の説明

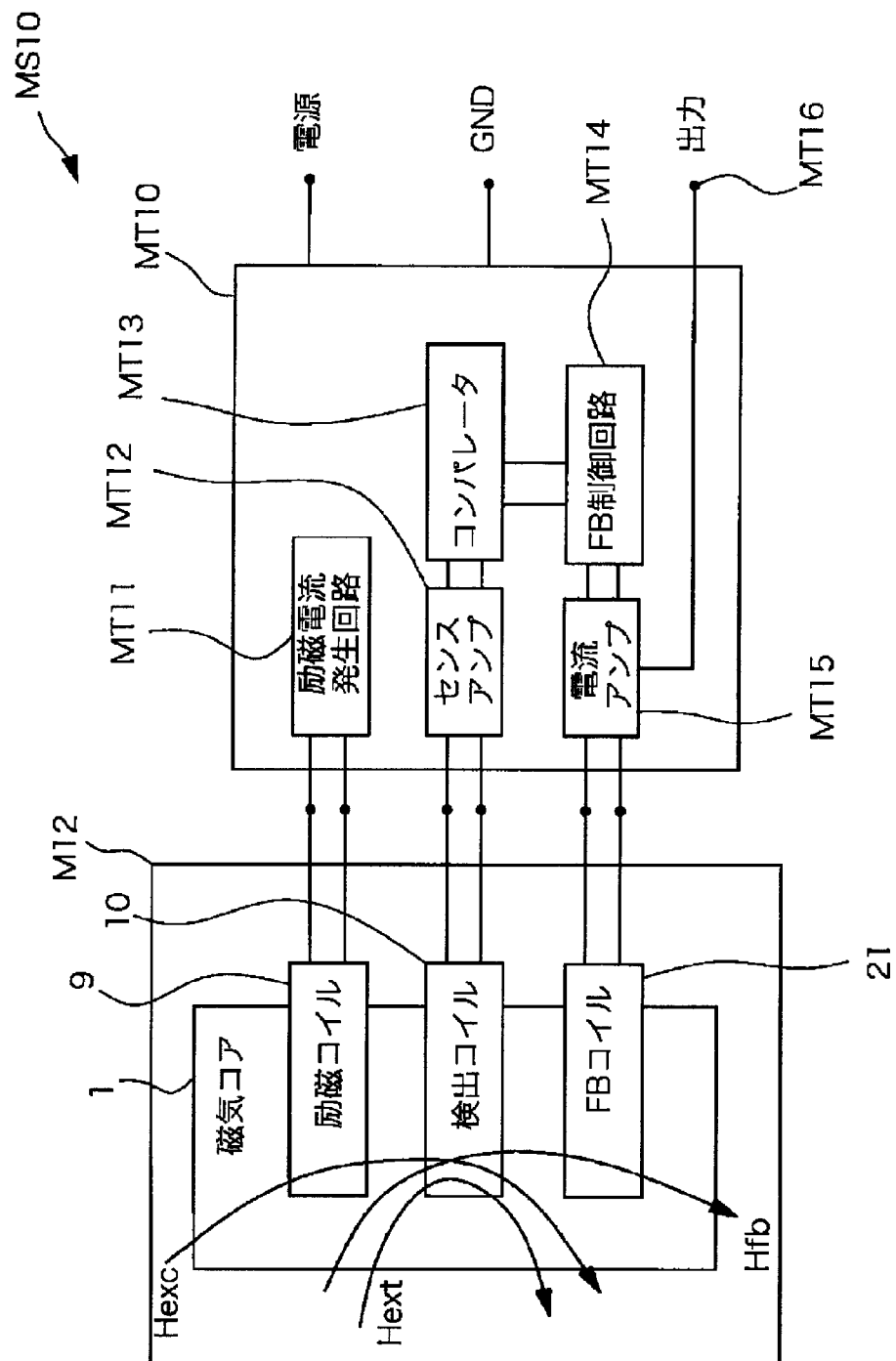
[0060] M10、MS10…磁気センサ、MT10…制御用集積回路、M12…磁気素子、1…磁性体コア、9…励磁コイル、10…検出コイル、21…フィードバックコイル、MT11…励磁電流発生回路、MT12…センスアンプ、MT13…コンパレータ、MT14…フィードバック制御回路、MT15…電流アンプ、MT16…出力端子

請求の範囲

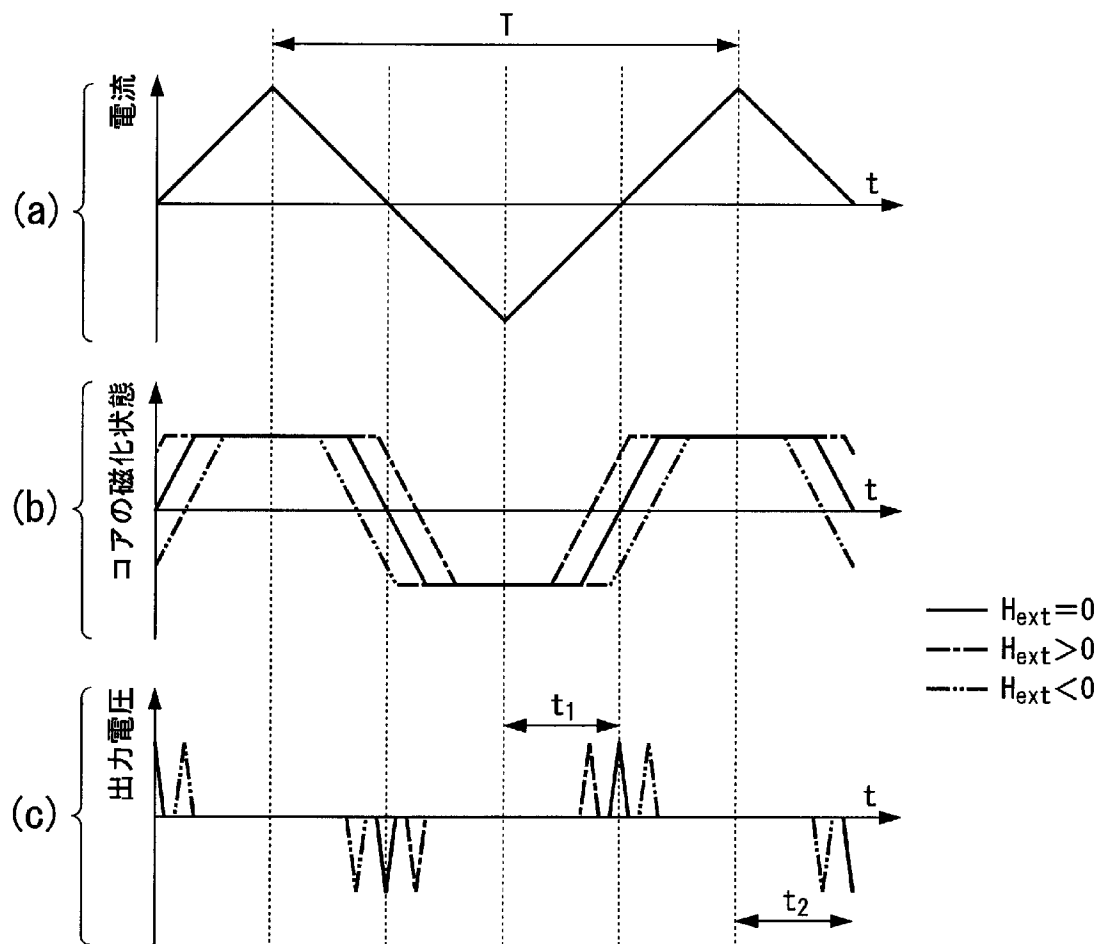
- [請求項1] 非磁性の基板上に形成されたフラックスゲート型磁気素子であって、
磁性体コアと、
前記磁性体コアに巻き回された励磁コイルと、
前記磁性体コアに巻き回された検出コイルと、
前記磁性体コアに巻き回されたフィードバックコイルと、
を備えることを特徴とするフラックスゲート型磁気素子。
- [請求項2] 磁性体コアに第1のソレノイドコイルと第2のソレノイドコイルとが巻き回されて、前記第1のソレノイドコイルおよび第2のソレノイドコイルの何れか一方が励磁コイルとされ他方が検出コイルとされ、前記磁性体コアに巻き回されたフィードバックコイルを有するフラックスゲート型磁気素子と、
前記磁性体コアにおける被測定磁界を打ち消すフィードバック磁界を発生させるように、前記フィードバックコイルにフィードバック電流を供給するとともに、該フィードバック電流の値に基づいて被測定磁界の強度を出力する制御用集積回路と、
を備えることを特徴とする磁気センサ。
- [請求項3] 磁性体コアと、前記磁性体コアに巻き回された励磁コイル、検出コイルおよびフィードバックコイルと、を備えたフラックスゲート型磁気素子を用いた磁界強度の測定方法であって、
前記フィードバックコイルは、前記磁性体コアにおける被測定磁界を打ち消すフィードバック磁界を発生させ、
前記フラックスゲート型磁気素子は、前記フィードバックコイルに供給する電流の値に基づいて被測定磁界の強度を出力することを特徴とする磁界強度の測定方法。
- [請求項4] 前記フィードバック磁界の強度は、被測定磁界の磁界強度と略同一であることを特徴とする請求項3に記載の磁界強度の測定方法。

[請求項5] 前記フィードバックコイルに供給する電流の電流値は、前記検出コイルからの出力に基づいて決定されることを特徴とする請求項3または請求項4に記載の磁界強度の測定方法。

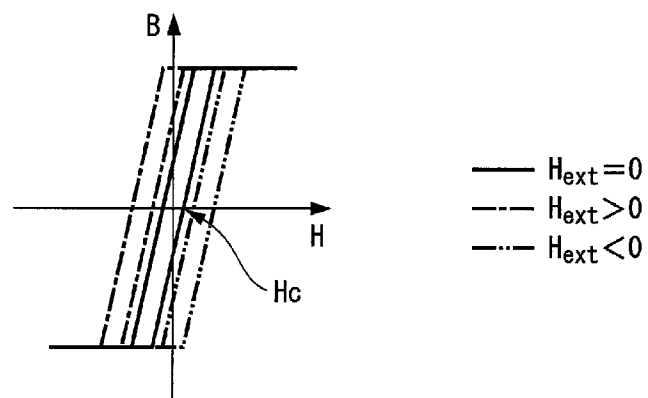
[図1]



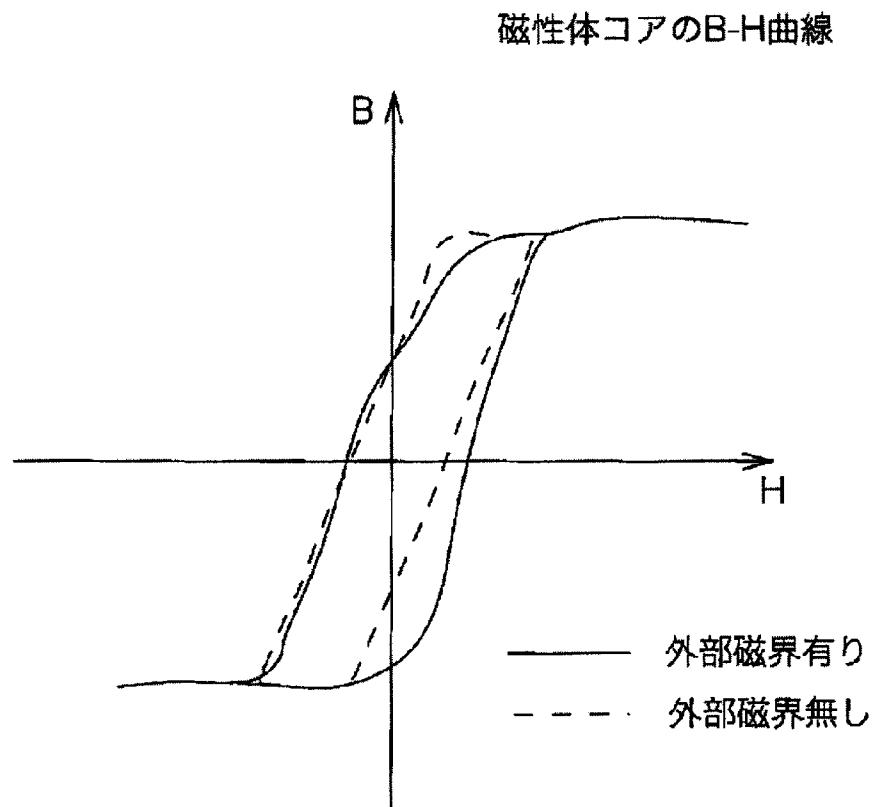
[図2]



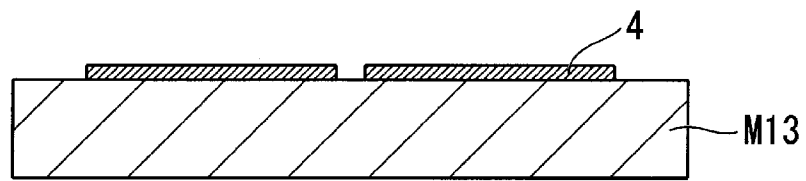
[図3]



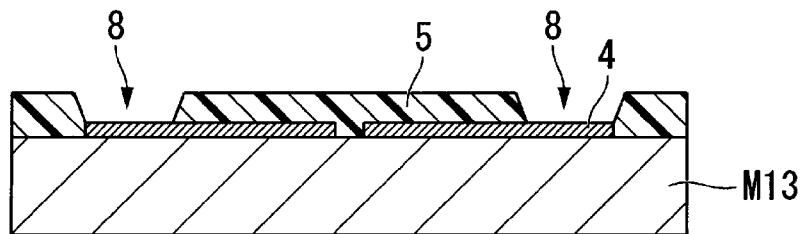
[図4]



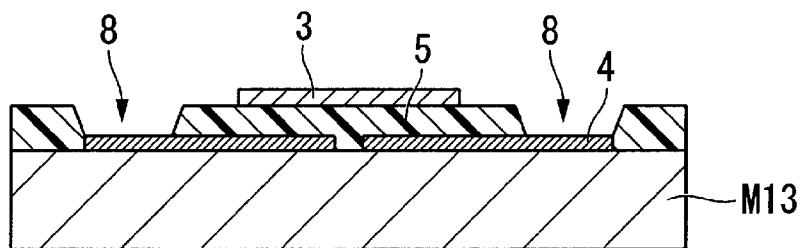
[図7A]



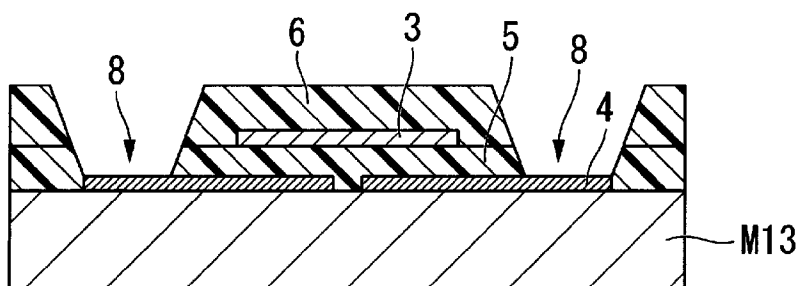
[図7B]



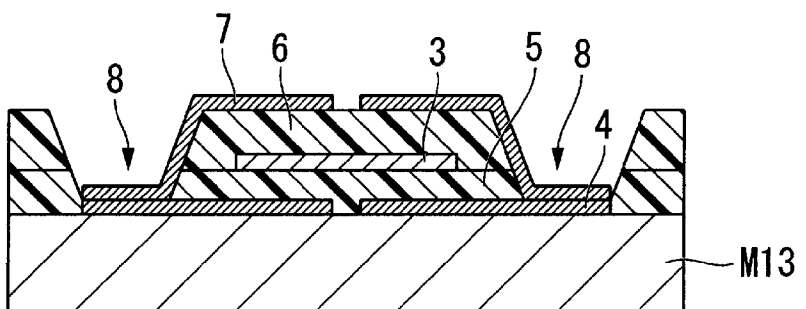
[図7C]



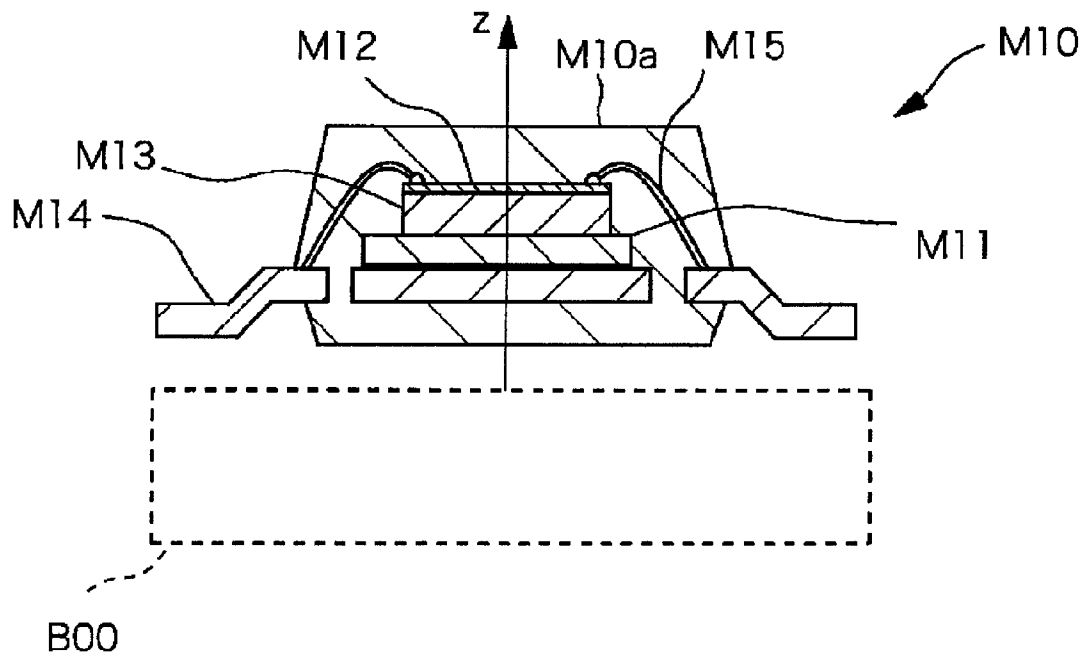
[図7D]



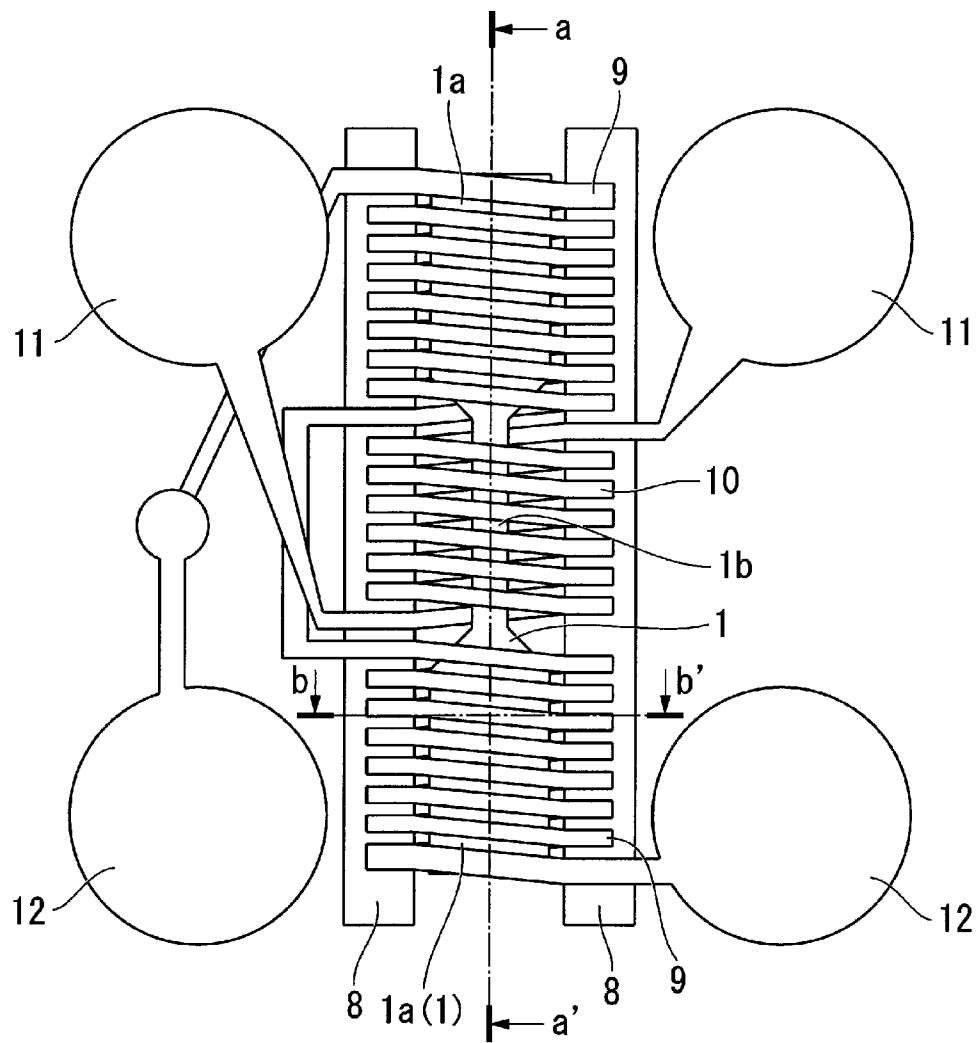
[図7E]



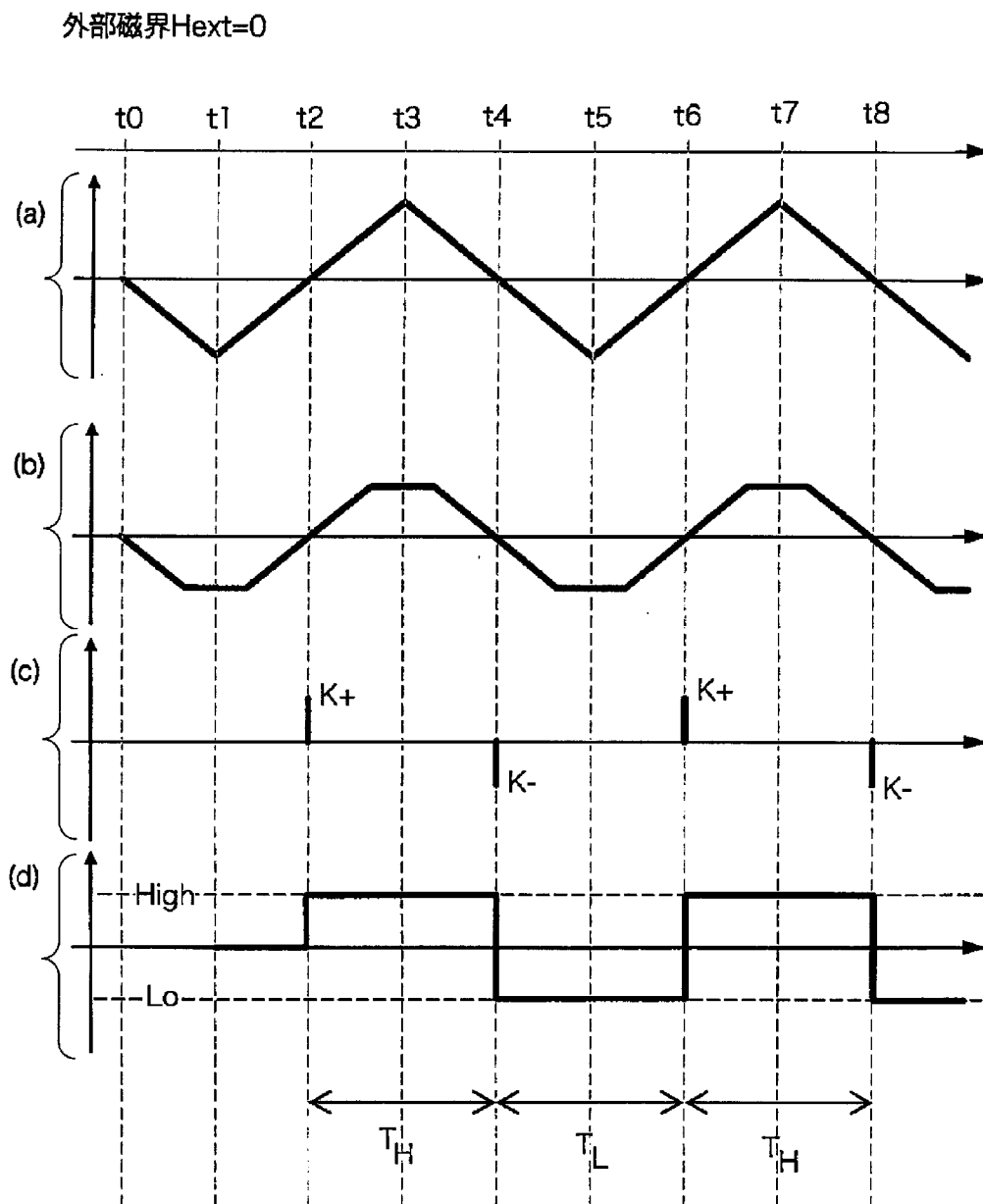
[図8]



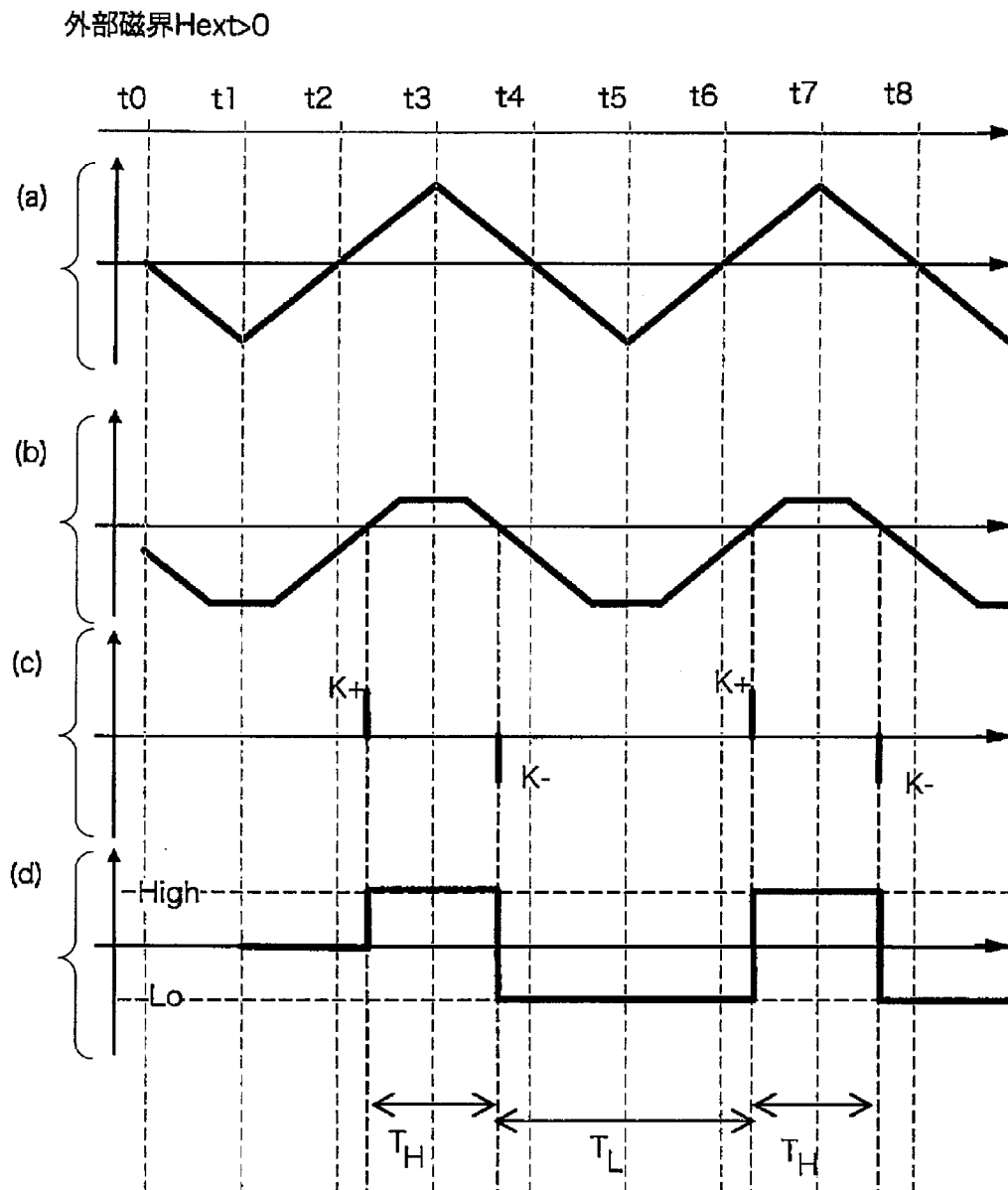
[図9]



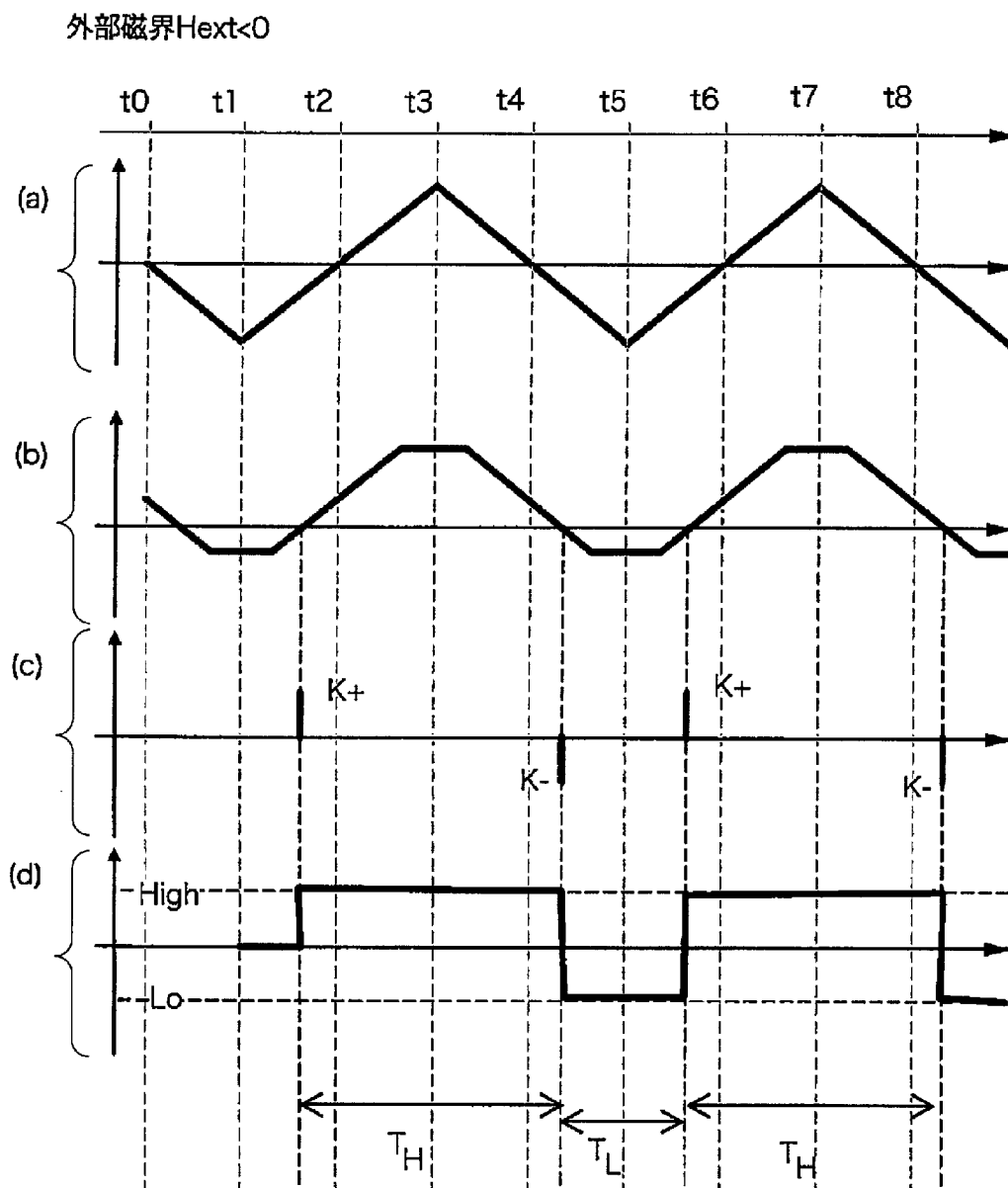
[図10]



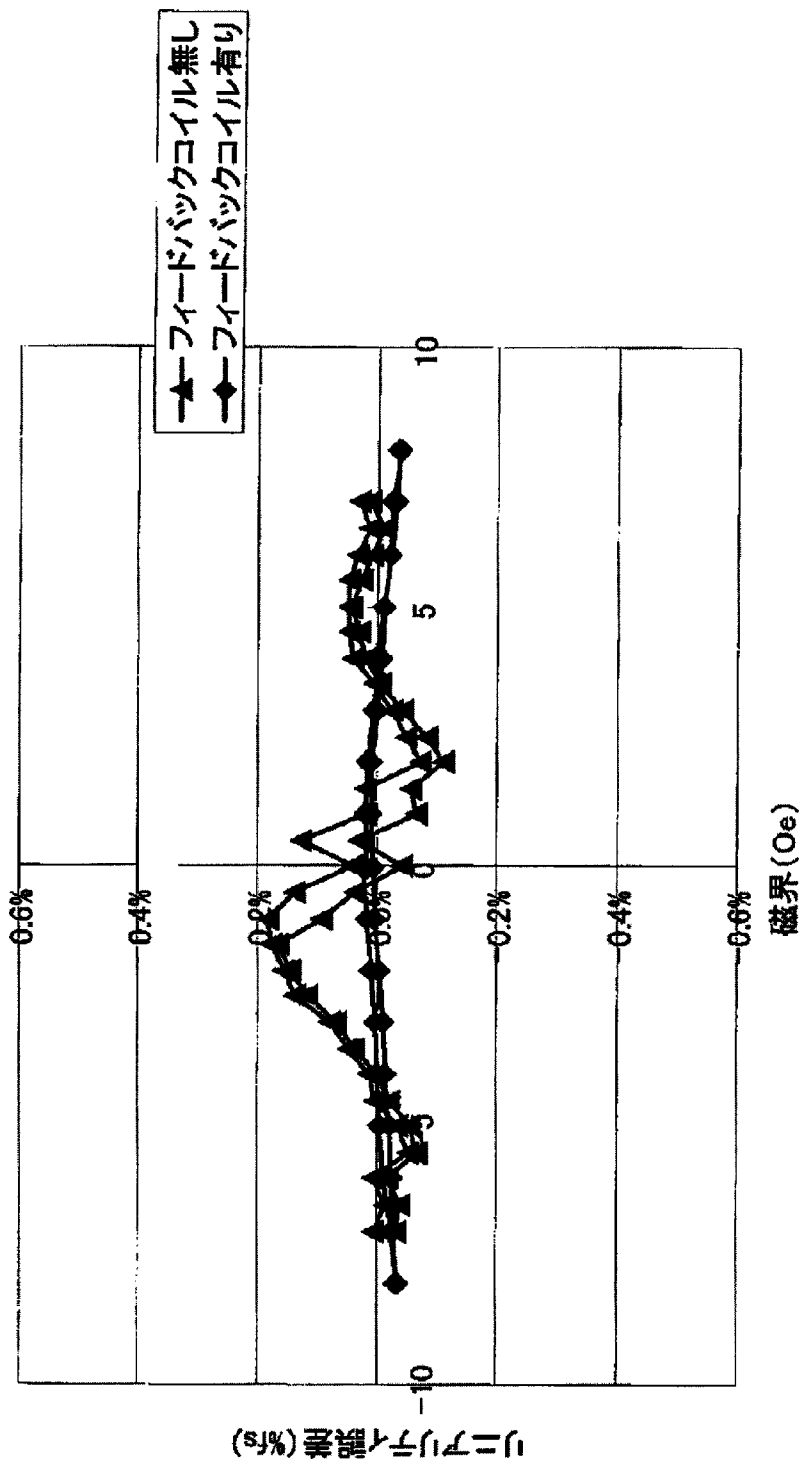
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/059642

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R33/05 (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)

G01R33/05

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.
X	JP 8-233927 A (Shimadzu Corp.), 13 September 1996 (13.09.1996), paragraphs [0003] to [0008]; fig. 16 to 19 (Family: none)	1-5
A	WO 2010/134348 A1 (Fujikura Ltd.), 25 November 2010 (25.11.2010), paragraphs [0006], [0045]; fig. 4 & US 2012/0151786 A1 & EP 2434305 A1	1-5

☐ 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
10 June, 2013 (10.06.13)

Date of mailing of the international search report
18 June, 2013 (18.06.13)

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 (I P C))

Int.Cl. G01R33/05 (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. G01R33/05

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 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
X	JP 8-233927 A (株式会社島津製作所) 1996.09.13, 段落【0003】 - 【0008】, 【図 16】 - 【図 19】 (ファミリーなし)	1-5
A	WO 2010/134348 A1 (株式会社フジクラ) 2010.11.25, 段落 [0006], [0045], [図 4] & US 2012/0151786 A1 & EP 2434305 A1	1-5

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 0 . 0 6 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 6 . 2 0 1 3

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)

中村 和正

2 S

4 4 0 1

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