

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4936030号
(P4936030)

(45) 発行日 平成24年5月23日(2012.5.23)

(24) 登録日 平成24年3月2日(2012.3.2)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 R 33/09 (2006.01)

G O 1 R 33/06

R

H O 1 L 43/08 (2006.01)

H O 1 L 43/08

A

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2010-53570 (P2010-53570)
 (22) 出願日 平成22年3月10日 (2010.3.10)
 (65) 公開番号 特開2011-185870 (P2011-185870A)
 (43) 公開日 平成23年9月22日 (2011.9.22)
 審査請求日 平成22年9月13日 (2010.9.13)

(73) 特許権者 000003067
 T D K 株式会社
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号
 (74) 代理人 100081606
 弁理士 阿部 美次郎
 (72) 発明者 太田 尚城
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T
 D K 株式会社内
 (72) 発明者 平林 啓
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T
 D K 株式会社内
 (72) 発明者 酒井 正則
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T
 D K 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スピンバルブ型磁気抵抗効果素子と、電圧検出部と、コイルと、電流制御部とを含む磁気センサであって、

前記コイルは、電流が流れることによって前記スピンバルブ型磁気抵抗効果素子に測定用磁界を与え、

前記電圧検出部は、前記スピンバルブ型磁気抵抗効果素子の出力電圧が所定の電圧値となったことを検出したとき、検出信号を前記電流制御部に出力し、

前記電流制御部は、前記測定用磁界の強度を初期値から一方的に増加、または一方的に減少させるように前記電流を制御して、前記検出信号が入力されたとき、前記測定用磁界の強度を前記初期値に戻すように前記電流を制御し、

前記初期値は、前記スピンバルブ型磁気抵抗効果素子に飽和磁化を与える磁界の強度である、

磁気センサ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載された磁気センサであって、

前記所定の電圧値は、前記測定用磁界の強度が、測定対象の磁界の強度と等しくなった場合に検出される値である、

磁気センサ。

【請求項 3】

請求項 1 に記載された磁気センサであって、
前記所定の電圧値は、前記スピナルブ型磁気抵抗効果素子に与えられた磁界がない場合に検出される値である、
磁気センサ。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 の何れかに記載された磁気センサであって、
前記電流制御部は、
パルス信号の入力に従って増加、または減少するカウンタ値を出力するカウンタ回路を含み、
前記電流を、前記カウンタ値に応じた電流値に制御し、
前記検出信号が入力されると、前記カウンタ値をリセットする、
磁気センサ。

10

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 の何れかに記載された磁気センサであって、
前記電圧検出部は、前記出力電圧と前記所定の電圧値を比較することによって、前記出力電圧が前記所定の電圧値になったことを検出する、
磁気センサ。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 の何れかに記載された磁気センサであって、
前記検出信号が前記電流制御に入力されたときの前記電流の電流値に基づいて測定対象の磁界の強度を算出する演算回路を含む、
磁気センサ。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スピナルブ型磁気抵抗効果素子を利用した磁気センサに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、磁気抵抗効果素子（MR 素子）を用いた電流センサが注目されている。このような電流センサは、DC 磁界を検知できるため、ハイブリッド車のバッテリー制御などの幅広い分野に適用可能である。

30

【0003】

本来、MR 素子は、線形特性が優れず、また、外部磁界検知の有効感度範囲が狭いという特徴を有している。したがって、MR 素子を磁気センサに適用する場合、特許文献 1 及び 2 に開示されているように、例えば、MR 素子にバイアス磁界を印加することによって線形特性の良好な領域に動作点をシフトさせる必要があった。しかしながら、この技術によると、MR 素子の出力などに制限が加わることから、設計の自由度が低減されてしまうという問題があった。

【0004】

そこで、磁気センサの分野では、この問題を解決するものとして、磁気平衡方式が広く用いられている。磁気平衡方式とは、MR 素子の周辺にコイルを設けておき、フィードバック制御によって、該コイルに外部磁界を相殺する測定用磁界を発生させるように電流を流し、この電流値から測定対象である外部磁界の強度を得る方式である（参考：特許文献 3）。磁気平衡方式によれば、原理上、優れた線形特性と広い有効感度範囲とを確保することができるため、この方式は、ハイブリッド車のバッテリー監視など、高圧直流電流を計測する電流センサに好適である。

40

【0005】

このように、MR 素子は、磁気センサの分野への応用が期待されているが、ハードディスクの磁気ヘッドの発展に伴う高性能なスピナルブ型 MR 素子の開発に至り、この期待

50

はますます高まりをみせている。スピバルブ型MR素子としては、巨大磁気抵抗効果を利用し、膜面内に電流が流れるCIP(Current In Plane)型GMR素子、膜面に対して垂直に電流を流すCPP(Current Perpendicular to Plane)型GMR素子、ならびに、膜面に対して垂直に電圧をかけて生ずるトンネル効果で電流を流すTMR素子がある。

【0006】

なかでも、TMR素子は、出力特性が格段に優れており、これを磁気センサの分野に応用することによって、システムのS/N比の改善や回路構成の簡易化などの効果が望まれている。

【0007】

しかしながら、スピバルブ型MR素子は、上述した線形特性が優れないだけでなく、保持力H_cが大きく、ヒステリシスの特性を有している。したがって、上記の磁気平衡方式を適用した場合、制御電流のオーバーシュートが発生すると、外部磁界を正常に測定することができなくなるという問題が存在する。すなわち、オーバーシュートによって、MR素子がひとたび磁化飽和に達すると、その履歴の影響によって、その後、ヒステリシス曲線上の本来とは異なるルート部分において磁界の検出処理が行われてしまうから、おおよそ保持力H_c分の磁界強度の測定誤差が発生するのである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平10-319103号公報

【特許文献2】特開平6-294853号公報

【特許文献3】特開平11-64474号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明の課題は、ヒステリシスの影響を受けずに外部磁界を正常に検出する高性能な磁気センサを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述した課題を解決するため、本発明に係る磁気センサは、スピバルブ型磁気抵抗効果素子と、電圧検出部と、コイルと、電流制御部とを含む。

【0011】

前記コイルは、電流が流れることによって前記スピバルブ型磁気抵抗効果素子に測定用磁界を与える。前記電圧検出部は、前記スピバルブ型磁気抵抗効果素子の出力電圧が所定の電圧値となったことを検出したとき、検出信号を前記電流制御部に出力する。

【0012】

前記電流制御部は、前記測定用磁界の強度を初期値から一方的に増加、または一方的に減少させるように前記電流を制御して、前記検出信号が入力されたとき、前記測定用磁界の強度を前記初期値に戻すように前記電流を制御する。

【0013】

まず、本発明に係る磁気センサは、スピバルブ型MR素子を用いて外部の磁界を測定するから、上述したように測定性能を大幅に向上させ、小型化をはかることができる。

【0014】

次に、本発明に係る磁気センサによると、コイルは、電流が流れることによってスピバルブ型磁気抵抗効果素子に測定用磁界を与えるとともに、電流制御部は、この測定用磁界の強度を初期値から一方的に増加、または一方的に減少させるように電流を制御するから、測定対象の磁界を相殺し、あるいはその一部を打ち消すことができる。

【0015】

そして、電圧検出部は、スピバルブ型磁気抵抗効果素子の出力電圧が所定の電圧値と

10

20

30

40

50

なったことを検出するから、上述した磁気平衡方式と同様に、このときのコイルの電流値に基づいて、測定対象の磁界の強度を算出することができる。

【 0 0 1 6 】

もっとも、上記の所定の電圧値は、スピバルブ型磁気抵抗効果素子の与えられた磁界と出力電圧の関係に基づいて適当に決定される必要がある。好適には、所定の電圧値は、コイルから発生する磁界の強度が、測定対象の磁界の強度と等しくなった場合に検出される値とするのがよい。言い換えれば、所定の電圧値は、スピバルブ型磁気抵抗効果素子に与えられた磁界がない場合に検出される値とするのがよい。

【 0 0 1 7 】

本発明の特徴的な構成は、上記の初期値が、スピバルブ型磁気抵抗効果素子に飽和磁化を与える磁界の強度であり、電圧検出部が、スピバルブ型磁気抵抗効果素子の出力電圧が所定の電圧値となったことを検出すると、検出信号を電流制御部に出力し、電流制御部は、この検出信号が入力されると、磁界の強度を初期値に戻すようにコイルの電流を制御する点にある。そして、本願発明は、この点において、負帰還回路によるフィードバック制御を行う磁気平衡方式とは大きく異なる。

【 0 0 1 8 】

この特徴的な構成によると、測定が完了するたびに、与えられる磁界の強度が初期値に戻されるとともに、スピバルブ型磁気抵抗効果素子が磁化飽和されるから、電流制御の動作点は、常に、ヒステリシス曲線の線形性を有するルート部分のうち、一定のルート部分で行われることになる。このため、仮に、何らかの原因でコイルに流れる電流がオーバーシュートし、本来とは異なるルート部分において磁界の検出が行われたとしても、その次の測定では、本来のルート部分において行われる。

【 0 0 1 9 】

したがって、本発明に係る磁気センサによれば、磁気抵抗効果素子の出力電圧と与えられる磁界の強度を、ヒステリシスの影響を受けることなく、1対1の対応関係として、外部磁界を測定することができる。

【発明の効果】

【 0 0 2 0 】

以上述べたように、本発明によれば、ヒステリシスの影響を受けずに外部磁界を正常に検出しうる高性能な磁気センサを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】本発明に係る磁気センサの回路図である。

【図 2】MR素子回路の変形例を示す回路図である。

【図 3】MR素子回路の他の変形例を示す回路図である。

【図 4】電流制御方法を示すスピバルブ型磁気抵抗効果素子のヒステリシス曲線である。

【図 5】電流制御方法を示す時間 - 磁界強度のグラフである。

【図 6】他の実施形態に係る電流制御方法を示すスピバルブ型磁気抵抗効果素子のヒステリシス曲線である。

【図 7】他の実施形態に係る電流制御方法を示す時間 - 磁界強度のグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

図 1 は、本発明に係る磁気センサの回路図である。磁気センサは、磁気抵抗効果素子回路 1（以下、MR素子回路 1）と、分圧用抵抗 2 1、2 2 と、電圧検出部 3 と、電流制御部 4 と、発振器 5 と、サンプリングホールド回路（S/H）6 と、演算回路 7 と、コイル 8 とを含む。

【 0 0 2 3 】

この回路は、上記の磁気平衡方式のように、電流制御部 4 によりコイル 8 に流れる電流 I を制御して、これにより発生する測定用のコイル磁界 H によって MR 素子回路 1 の周囲

10

20

30

40

50

の被測定磁界 H_o を相殺し、このときの電流値 I_o に基づいて被測定磁界 H_o の強度を検出するものである。最初に回路の各構成とその作用を説明し、次に電流制御の詳細を説明する。

【 0 0 2 4 】

MR素子回路 1 は、直列接続された 2 個の MR 素子 1 1 , 1 2 を備え、一方の MR 素子 1 1 の端子が電源 V_{cc} に接続されるとともに他方の MR 素子 1 2 の端子が接地されている。MR 素子 1 1 , 1 2 は、それぞれ、TMR 素子や GMR 素子などの 2 端子のスピンバルブ型 MR 素子であって、これらのピンド層の磁化方向は互いに 180 度異なっている。

【 0 0 2 5 】

そして、その出力電圧 V は、MR 素子 1 1 , 1 2 同士の接続点から電圧検出部 3 に入力される。つまり、MR 素子回路 1 は、MR 素子 1 1 , 1 2 のハーフブリッジ回路を有しているのである。もっとも、このような回路構成に限らず、例えば図 2 に示されるように、グランド側の MR 素子 1 2 に代えて抵抗器 1 3 を設けてもよいし、あるいは、図 3 に示されるように、電源 V_{cc} 側の MR 素子 1 1 に代えて抵抗器 1 4 を設けてもよい。さらには、フルブリッジ回路も適用可能であるのはいうまでもない。

【 0 0 2 6 】

MR 素子回路 1 は、外部の被測定磁界 H_o に曝される検出ヘッド部に設けられている。周知の通り、MR 素子 1 1 , 1 2 は、与えられる磁界によって抵抗値が変化する性質を有しているから、電圧検出部 3 に出力される出力電圧 V は、周囲の磁界の強度、すなわち 被測定磁界 H_o とコイル磁界 H の合成磁界に応じた電圧値となる。

【 0 0 2 7 】

電圧検出部 3 は、MR 素子回路 1 の出力電圧値 V と基準電圧値 V_{ref} を比較することによって、出力電圧値 V が基準電圧値 V_{ref} になったことを検出する。基準電圧値 V_{ref} は、電源 V_{cc} とグランドの間で直列接続された分圧抵抗 2 1 , 2 2 によって電圧検出部 3 の (-) 端子に与えられ、(+) 端子に与えられた出力電圧値 V と比較される。

【 0 0 2 8 】

電圧検出部 3 の機能は、端的には、コイル磁界 H が被測定磁界 H_o を相殺したことを検出して、検出信号 S を出力することである。したがって、基準電圧値 V_{ref} は、コイル磁界 H の強度が、被測定磁界 H_o の強度と等しくなった場合に検出される値、すなわち、MR 素子 1 1 , 1 2 に与えられた磁界がない場合に検出される値に予め設定すればよい。

【 0 0 2 9 】

もっとも、これは、被測定磁界 H_o をコイル磁界 H によって相殺する方式を採用した場合であって、コイル磁界 H の強度を所定値だけオフセットさせて測定を行う場合においては、コイル磁界 H は被測定磁界 H_o の一部のみを打ち消せばよいので、この限りではない。この場合は、当該オフセット値に基づいて基準電圧値 V_{ref} を設定する必要がある。なお、基準電圧値 V_{ref} は、上記の分圧抵抗 2 1 , 2 2 に代えて、所定量の電荷が充電されたコンデンサから電圧検出部 3 に与えてもよい。

【 0 0 3 0 】

また、電圧検出部 3 としては、このような比較器、つまりコンパレータに限定されず、例えばトランジスタ回路を採用してもよい。

【 0 0 3 1 】

電圧検出部 3 は、出力電圧値 V が、基準電圧値 V_{ref} と等しくなるか、それより大きくなったとき、検出信号 S を電流制御部 4 とサンプルホールド回路 6 とに出力する。つまり、電圧検出部 3 は、被測定磁界 H_o を検出すると検出信号 S を出力するのである。

【 0 0 3 2 】

電流制御部 4 は、カウンタ回路 4 1 と、デジタルアナログ変換部 4 2 と、コイルドライバ 4 3 とを含む。

【 0 0 3 3 】

カウンタ回路 4 1 は、多段接続されたフリップフロップで構成され、発振器 5 から入力されるパルス信号 CLK に従って一定時間ごとに増加、または減少するカウンタ値 N (=

10

20

30

40

50

最小値 0 ~ 最大値 N_{max}) をデジタルアナログ変換部 42 に出力する。カウンタ回路 41 は、検出信号 S が入力されると、カウンタ値 N を 0、または N_{max} にリセットする。

【0034】

発振器 5 としては、例えば水晶発振器を採用することができ、その発振周波数は、回路の測定処理時間に影響するから、目標とする測定性能に基づいて決定される。

【0035】

デジタルアナログ変換部 42 は、トランジスタや増幅器などから構成され、デジタル信号であるカウンタ値 N をアナログ信号である電圧値 E に変換して抵抗制御器 43 に出力する。

【0036】

コイルドライバ 43 は、入力される電圧値 E に応じて、コイル 8 に流れる電流 I の電流値を制御する。つまり、コイルドライバ 43 は、電流 I を、カウンタ値 N に応じた電流値に制御するのである。コイルドライバ 43 としては、電流制御 LSI などを採用することができる。

【0037】

コイル 8 は、コイルドライバ 43 とグランドの間に接続されている。コイル 8 は、MR 素子回路 1 の周囲に配置されて、電流 I が流れることによって MR 素子 11, 12 に コイル磁界 H を与える。ここで、コイル 8 の巻数 n は、コイル磁界 H の強度に影響するため、目標とする測定性能に基づいて決定される。

【0038】

また、サンプルホールド回路 6 は、検出信号 S が入力されると、コイルドライバ 43 から制御電流値 I_o を取得して保持する。制御電流値 I_o は、コイル磁界 H が被測定磁界 H_o を相殺したときの電流 I の電流値である。サンプルホールド回路 6 は、フリップフロップを含むラッチ回路などから構成される。

【0039】

演算回路 7 は、演算処理が実行可能な演算増幅器や CPU を含む回路であって、サンプルホールド回路 6 から周期的に制御電流値 I_o を取得し、この電流値 I_o に基づいて 被測定磁界 H_o の強度を算出する。ここで、磁界 H_o の強度は、一般的に、コイル 8 の巻数 n と電流値 I の乗算から算出される。

【0040】

次に、電流制御部 4 の電流制御について説明する。図 4 は、電流制御方法が示された MR 素子 11, 12 のヒステリシス曲線である。

【0041】

このヒステリシス曲線のうち、正面視で図中右方向に向かう矢印が付された曲線部を第 1 のルート部分 R1 とし、正面視で図中左方向に向かう矢印が付された曲線部を第 2 のルート部分 R2 として定義する。本実施形態では、電流制御の動作点は、第 1 のルート部分 R1 にあるものとする。

【0042】

電流制御部 4 は、コイル磁界 H の強度を初期値 H_s から一方的に増加させるようにコイル 8 の電流 I を制御する。つまり、コイルドライバ 43 は、カウンタ値 N の増加、または減少に伴って電流 I が増加するように制御する。電流 I の電流値、つまり コイル磁界 H の強度は、カウンタ値 N の増加、または減少に対して一次関数的に増加してもよいし、二次関数的に増加してもよい。なお、このように電流を一方的に増加させる方法は、従来のフィードバック制御方式において電流を増減させる方法とは異なっている。

【0043】

この制御の様子は、図中、ヒステリシス曲線に付された起点 P0 から検出点 Po に至る経路 a1 として表されている。検出点 Po では、コイル磁界 H が被測定磁界 H_o を相殺し、これにより出力電圧 V が基準電圧 V_{ref} 以上となるため、電圧検出部 3 から検出信号 S が出力される。

【0044】

10

20

30

40

50

そして、電流制御部 4 は、検出信号 S が入力されたとき、コイル磁界 H の強度を初期値 H_s に戻すように電流を制御する。つまり、コイルドライバ 43 は、検出信号 S によってカウンタ値 N が 0、または N_{max} にリセットされると、コイル 8 の電流 I の電流値を初期値 H_s に戻す。この制御の様子は、例えば、図中、ヒステリシス曲線に付された検出点 P_o から起点 P_0 に至る経路 a2 として表されている。

【0045】

一方、仮にコイル 8 の電流 I が、ノイズなどの原因によってオーバーシュートして、ヒステリシス曲線における電流制御の動作点が、いったん飽和点 P_1 に到達してしまった場合、周知のヒステリシスの特性のため、本来とは異なる第 2 のルート部分 R2 に移行してしまう。この場合、上述したように、検出点 P_o と同じ磁束密度 B_o となる誤検出点 P_x において検出信号 S が出力され、誤った磁界の強度 H_x に基づいて被測定磁界 H_o を検出してしまう可能性がある。この様子は、図中のヒステリシス曲線に付された飽和点 P_1 から誤検出点 P_x に至る経路 b1 として表されている。

10

【0046】

そして、電流制御部 4 は、やはり、検出信号 S が入力されたとき、コイル磁界 H の強度を初期値 H_s に戻すように電流を制御する。この制御の様子は、図中、ヒステリシス曲線に付された誤検出点 P_x から起点 P_0 に至る経路 b2 として表されている。

【0047】

そこで、本発明に係る磁気センサでは、上記の初期値 H_s が、MR 素子 11, 12 に飽和磁化を与える磁界の強度に設定されている。このため、いったん検出信号 S が出力されると、ヒステリシス曲線における動作点が、正常な経路 a1 を辿るか、異常な経路 b1 を辿るかに関わらず、常に、MR 素子 11, 12 が磁化飽和されることになる。したがって、その次の測定では、必ず、動作点が本来の第 1 のルート部分 R1 にあることになるのである。

20

【0048】

これは、被測定磁界 H_o が存在しない場合であっても、コイル磁界 H が約 0 (Oe) となるようにコイル 8 の電流 I が約 0 (A) に制御されて、検出信号 S が出力されるから、同様である。もっとも、仮に何らかの原因で検出信号 S が出力されなかった場合に備えて、電流制御部 4 は、所定の時間内に検出信号 S が出力されなければ、コイル磁界 H が初期値 H_s に戻すように、カウンタ値 N を自己リセットしてもよい。

30

【0049】

図 5 は、上述した電流制御の様子を時間 - 磁界強度のグラフに表したものである。ここで、実線はコイル磁界 H の強度を、点線は被測定磁界 H_o の強度をそれぞれ表し、黒丸は磁界の検出点を表している。図示されるように、コイル磁界 H は、時間 $t_1 \sim t_{10}$ の各々において初期値 H_s にリセットされ、全体として鋸波形となっている。

【0050】

これまで述べた電流制御は、ヒステリシス曲線における動作点を、他方の第 2 のルート部分 R2 においた場合であっても同様である。図 6 は、この場合における電流制御方法が示された MR 素子のヒステリシス曲線である。

【0051】

40

電流制御部 4 は、コイル磁界 H の強度を初期値 H_s から一方的に減少させるようにコイル 8 の電流 I を制御する。つまり、コイルドライバ 43 は、カウンタ値 N の増加、または減少に伴って電流 I が減少するように制御する。この制御の様子は、図中、ヒステリシス曲線に付された起点 P_0 から検出点 P_o に至る経路 c1 として表されている。

【0052】

そして、電流制御部 4 は、検出信号 S が入力されたとき、コイル磁界 H の強度を初期値 H_s に戻すように電流を制御する。つまり、コイルドライバ 43 は、検出信号 S によってカウンタ値 N が 0、または N_{max} にリセットされると、コイル 8 の電流 I の電流値を初期値に戻す。この制御の様子は、例えば、図中、ヒステリシス曲線に付された検出点 P_o から起点 P_0 に至る経路 c2 として表されている。

50

【0053】

一方、仮に動作点がいったんヒステリシス曲線で飽和点 P 1 に到達してしまった場合、本来とは異なる第 1 のルート部分 R 1 に移行してしまうが、上述したように、最終的には検出信号 S が入力されることによって、コイル磁界 H の強度は初期値 H s となる。この様子は、図中のヒステリシス曲線に付された飽和点 P 1 から誤検出点 P x に至る経路 d 1 と、誤検出点 P x から起点 P 0 に至る経路 d 2 として表されている。

【0054】

ここで、上記の初期値 H s は、やはり、MR 素子 1 1 , 1 2 に飽和磁化を与える磁界の強度に設定されているため、上記と同様の効果が得られる。

【0055】

図 7 は、図 5 と同様に、この電流制御の様子を時間 - 磁界強度のグラフに表したものである。図示されるように、コイル磁界 H は、この場合も全体として鋸波形となっている。

【0056】

最後に本発明から得られる効果について述べると、まず、本発明に係る磁気センサは、スピバルブ型 MR 素子 1 1 , 1 2 を用いて被測定磁界 H o を測定するから、上述したように測定性能を大幅に向上させ、小型化をはかることができる。

【0057】

次に、本発明に係る磁気センサによると、コイル 8 は、電流 I が流れることによってスピバルブ型磁気抵抗効果素子 1 にコイル磁界 H を与えるとともに、電流制御部 4 は、このコイル磁界 H の強度を初期値から一方的に増加、または一方的に減少させるように電流 I を制御するから、被測定磁界 H o を相殺し、あるいはその一部を打ち消すことができる。

【0058】

そして、電圧検出部 3 は、スピバルブ型磁気抵抗効果素子 1 1 , 1 2 の出力電圧 V が所定の電圧値 V r e f となったことを検出するから、上述した磁気平衡方式と同様に、このときのコイルの電流値 I o に基づいて、被測定磁界 H o の強度を算出することができる。

【0059】

もっとも、上記の所定の電圧値 V r e f は、スピバルブ型磁気抵抗効果素子 1 1 , 1 2 の与えられた磁界と出力電圧の関係に基づいて適当に決定される必要がある。好適には、所定の電圧値は、コイルから発生するコイル磁界 H の強度が、被測定磁界 H o の強度と等しくなった場合に検出される値とするのがよい。言い換えれば、所定の電圧値 V r e f は、スピバルブ型磁気抵抗効果素子 1 1 , 1 2 に与えられた磁界がない場合に検出される値とするのがよい。

【0060】

本発明の特徴的な構成は、上記の初期値 H s が、スピバルブ型磁気抵抗効果素子 1 1 , 1 2 に飽和磁化を与える磁界の強度であり、電圧検出部 3 が、スピバルブ型磁気抵抗効果素子 1 1 , 1 2 の出力電圧が所定の電圧値 V r e f となったことを検出すると、検出信号 S を電流制御部 4 に出力し、電流制御部 4 は、この検出信号 S が入力されると、コイル磁界 H の強度を初期値 H s に戻すようにコイルの電流 I を制御する点にある。そして、本願発明は、この点において、負帰還回路によるフィードバック制御を行う磁気平衡方式とは大きく異なる。

【0061】

この特徴的な構成によると、測定が完了するたびに、与えられるコイル磁界 H の強度が初期値 H s に戻されるとともに、スピバルブ型磁気抵抗効果素子 1 1 , 1 2 が磁化飽和されるから、電流制御の動作点は、常に、ヒステリシス曲線の線形性を有するルート部分 R 1 , R 2 のうち、一定のルート部分で行われることになる。このため、仮に、何らかの原因でコイルに流れる電流 I がオーバーシュートし、本来とは異なるルート部分 R 1 , R 2 において被測定磁界 H o の検出が行われたとしても、その次の測定では、本来のルート部分 R 1 , R 2 において行われる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 2 】

したがって、本発明に係る磁気センサによれば、磁気抵抗効果素子 1 1 , 1 2 の出力電圧 V と与えられるコイル磁界 H の強度を、ヒステリシスの影響を受けることなく、1 対 1 の対応関係として、被測定磁界 H_o を測定することができる。

【 0 0 6 3 】

以上、好ましい実施例を参照して本発明の内容を具体的に説明したが、本発明の基本的技術思想及び教示に基づいて、当業者であれば、種々の変形態様を採り得ることは自明である。

【符号の説明】

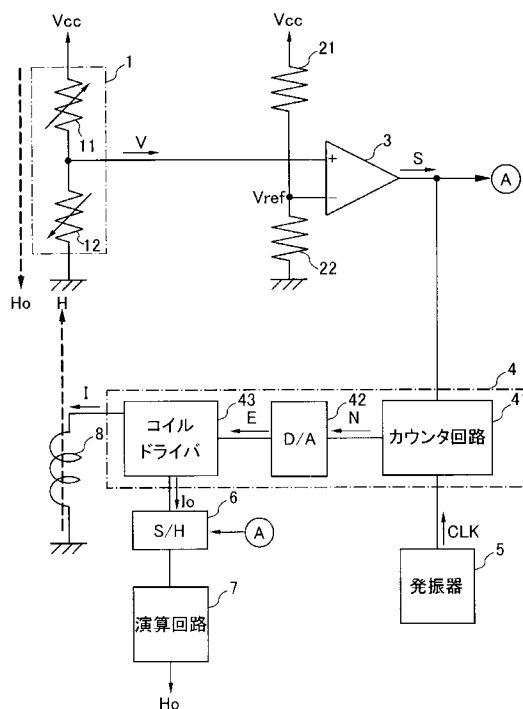
【 0 0 6 4 】

| | |
|-----------|--------------|
| 1 1 , 1 2 | M R 素子 |
| 3 | 電圧検出部 |
| 4 | 電流制御部 |
| 4 1 | カウンタ回路 |
| 8 | コイル |
| I | 電流 |
| V | 出力電圧 |
| V_{ref} | 基準電圧 |
| S | 検出信号 |
| H | コイル磁界 |
| H_o | <u>被測定磁界</u> |
| CLK | パルス信号 |

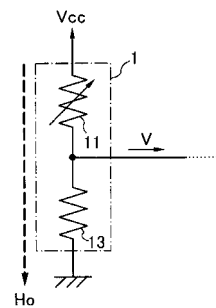
10

20

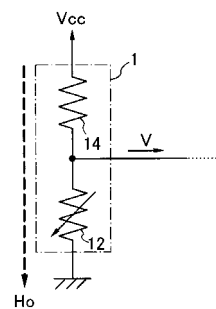
【 図 1 】



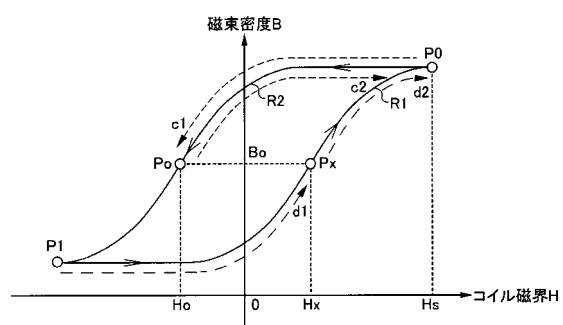
【 図 2 】



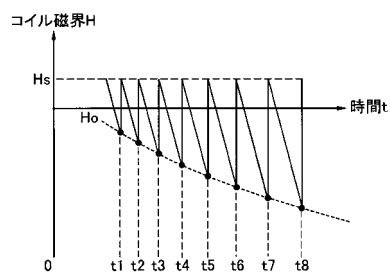
【 図 3 】



【 図 6 】



【圖 7】



フロントページの続き

(72)発明者 永沼 宙
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内

審査官 堀 圭史

(56)参考文献 国際公開第2009/108420(WO, A1)
特開平2-93395(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 33/02-10

G01R 15/14-26, 19/00-32

G01C 17/28-32, 17/38

H01L 43/00-14, 27/22