

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6772500号
(P6772500)

(45) 発行日 令和2年10月21日(2020.10.21)

(24) 登録日 令和2年10月5日(2020.10.5)

(51) Int. Cl. F I
GO4C 3/14 (2006.01) GO4C 3/14 W
HO2P 8/02 (2006.01) HO2P 8/02

請求項の数 7 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2016-57048 (P2016-57048)
 (22) 出願日 平成28年3月22日 (2016. 3. 22)
 (65) 公開番号 特開2017-173037 (P2017-173037A)
 (43) 公開日 平成29年9月28日 (2017. 9. 28)
 審査請求日 平成31年3月7日 (2019. 3. 7)

(73) 特許権者 000001443
 カシオ計算機株式会社
 東京都渋谷区本町1丁目6番2号
 (74) 代理人 110001807
 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
 (72) 発明者 斉藤 雄太
 東京都羽村市栄町3丁目2番1号 カシオ
 計算機株式会社 羽村技術センター内
 審査官 細見 斉子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転検出装置および電子時計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁石を有する回転子と、前記回転子を回転させるためのコイルを備える固定子と、を備えるモータの、前記回転子の回転検出を行う回転検出装置であって、

前記コイルに流れる電流値と閾値との差に基づいて、前記回転子が回転したか否かを判定するモータ制御部を備え、

前記回転子は、一周の回転範囲の中で磁氣的に安定して停止する複数の停止角度があり、

前記モータの前記コイルとして、第1のコイルと、第2のコイルとがあり、

前記モータ制御部は、

前記回転子が回転した場合とそうでない場合との前記磁石の停止角度によって生じる磁束密度差を前記コイルに流れる電流値と閾値との差によって検出するための電流差検出パルスを出し、

前記回転子が回転し、前記停止角度で停止するか否かを判定し、

前記第1のコイルの磁束密度は、複数の前記停止角度の何れにおいても、前記第2のコイルの磁束密度よりも大きく、

前記第1のコイルに流れる電流値と閾値との差に基づいて、前記回転子が回転したか否かを判定する

ことを特徴とする回転検出装置。

【請求項2】

前記モータ制御部は、
 所定期間、前記コイルに前記電流差検出パルスを出力し、
 前記所定期間が終了した後に前記コイルに流れる電流値と閾値との差に基づいて、前記
 回転子が回転したか否かを判定する
 ことを特徴とする請求項 1 に記載の回転検出装置。

【請求項 3】

前記電流差検出パルスは、ハイ・レベル期間が 0 . 0 1 ミリ秒以上かつ 1 ミリ秒以下の
 長さの矩形波である
 ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の回転検出装置。

【請求項 4】

前記回転子の前記停止角度は、一周の回転範囲の中で 2 箇所あり、
 前記回転子は、回転時に 2 箇所の前記停止角度に交互に停止し、
 前記モータ制御部は、前記回転子の回転時に、前記コイルに供給する前記電流差検出パ
 ルスの極性を交互に切り替える
 ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項 5】

前記モータの前記コイルとして、第 1 のコイルと第 2 のコイルと第 3 のコイルとがあり
 、
 前記モータ制御部は、前記回転子の回転時に、前記第 1 のコイルと前記第 2 のコイルと
 前記第 3 のコイルとに対して、所定の順序で前記電流差検出パルスを供給する
 ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項 6】

磁石を有する回転子と、前記回転子を回転させるためのコイルを備える固定子と、を備
 えるモータの、前記回転子の回転検出を行う回転検出装置であって、
 前記コイルに流れる電流値と閾値との差に基づいて、前記回転子が回転したか否かを判
 定するモータ制御部を備え、
 前記モータの前記コイルとして、第 1 のコイルと、第 2 のコイルとがあり、
 前記モータ制御部は、
 前記回転子が回転した場合とそうでない場合との前記磁石の停止角度によって生じる磁
 束密度差を前記コイルに流れる電流値と閾値との差によって検出するための電流差検出パ
 ルスを出力し、
 前記第 1 のコイルの磁束密度は、前記第 2 のコイルの磁束密度よりも大きい
 ことを特徴とする回転検出装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の回転検出装置と、
 表示部と、
 時刻を計時する計時部と、
 前記計時部が計時する前記時刻を前記表示部に表示させる制御部と、
 を備えることを特徴とする電子時計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転検出装置および電子時計に関する。

【背景技術】

【0002】

ステッピングモータにおいては、回転子が各ステップにおいて確実に回転することが必
 要である。このため、ステッピングモータの駆動制御において、回転子が回転したか否か
 の判定（回転子の回転検出）を行っている。具体的には、回転子を回転させるための駆動
 パルスを印加した後に、回転子が所定のステップ角で停止する際のダンピングにより生じ
 る逆起電力（逆起電圧）を検出している。これにより、回転子が回転していないと判定さ

10

20

30

40

50

れた場合には、さらに補正パルスを印加して回転子を回転させている。

【0003】

但し、回転子を「ダンピングする」ことは、回転子の運動エネルギーをジュール熱に変換することであり、ある意味では電力を無駄に消費することでもある。そこで、ステップ角付近における回転子の速度を低くして、ダンピングによるエネルギーロスを低減する技術が知られている。例えば、下記特許文献1の要約書の解決手段には、「ステップモータに供給する駆動パルスをチョッパ制御し、駆動パルスの初期および終期のデューティ比を中期のデューティ比より低く設定する。これによって、駆動パルス内の実効電力の分布を初期および終期は低く、中期が高くなるように設定でき、ステップモータのコギングトルクにマッチしたトルクをステップモータに発生させられる。従って、駆動パルス初期および終期の無駄な電力消費を省け、回転子を低速で回転させられるので、ステップモータを駆動するために消費される電力を低減できる。」と記載されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平9-266697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、逆起電力のレベルは回転子の回転速度に比例する。上述したように、ステップ角付近における回転子の速度を低くすると、ステップ角付近の逆起電力のレベルが下がり、回転検出の精度が低下するという問題が生じる。

20

【0006】

また、回転子に永久磁石を有するモータの位置検出方法として、ステータの鉄心に生じる磁気飽和現象を利用する技術が知られている。すなわち、永久磁石が発生する磁束とコイルが発生する磁束とが強めあう関係にあれば、鉄心の磁気飽和の影響が大きくなるため、コイルのインダクタンスが低くなる。一方、永久磁石が発生する磁束とコイルが発生する磁束とが弱めあう関係にあれば、磁気飽和の影響が小さくなるため、コイルのインダクタンスが高くなる。これにより、コイルのインダクタンスを測定すると、回転子の回転角を推定できる。

30

【0007】

しかし、磁気飽和現象を利用する従来技術では、コイルのインダクタンスを測定するために、コイルに高周波電圧を印加していた。すると、高周波電圧を印加するために電力消費が大きくなり、そもそも電力消費を抑制するために回転子の回転速度を抑制した意味を没却してしまうことになる。

この発明は上述した事情に鑑みてなされたものであり、消費電力を抑制しつつ、回転子の正確な回転検出を実現できる回転検出装置および電子時計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】

【0008】

40

本発明は、上記目的を達成するため、

磁石を有する回転子と、前記回転子を回転させるためのコイルを備える固定子と、を備えるモータの、前記回転子の回転検出を行う回転検出装置であって、

前記コイルに流れる電流値と閾値との差に基づいて、前記回転子が回転したか否かを判定するモータ制御部を備え、

前記回転子は、一周の回転範囲の中で磁氣的に安定して停止する複数の停止角度があり、

前記モータの前記コイルとして、第1のコイルと、第2のコイルとがあり、

前記モータ制御部は、

前記回転子が回転した場合とそうでない場合との前記磁石の停止角度によって生じる磁

50

束密度差を前記コイルに流れる電流値と閾値との差によって検出するための電流差検出パルスを出力し、

前記回転子が回転し、前記停止角度で停止するか否かを判定し、

前記第 1 のコイルの磁束密度は、複数の前記停止角度の何れにおいても、前記第 2 のコイルの磁束密度よりも大きく、

前記第 1 のコイルに流れる電流値と閾値との差に基づいて、前記回転子が回転したか否かを判定する

ことを特徴とする回転検出装置である。

【発明の効果】

【0009】

本発明の回転検出装置および電子時計によれば、消費電力を抑制しつつ、回転子の正確な回転検出を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】本発明の第 1 実施形態による電子時計のブロック図である。

【図 2】第 1 実施形態におけるマイクロコンピュータのブロック図である。

【図 3】第 1 実施形態におけるステッピングモータの平面図である。

【図 4】第 1 実施形態における駆動回路の回路図である。

【図 5】第 1 実施形態における駆動回路の (a) パルス駆動時、 (b) 検査パルス供給時、 (c) 電流検出時、 (d) 電流検出時 (逆方向) の動作説明図である。

【図 6】第 1 実施形態の回転成功時における (a) コイル電流の波形図、 (b) コイル電圧の波形図、 (c) B H 特性図である。

【図 7】第 1 実施形態の回転不成功時における (a) コイル電流の波形図、 (b) コイル電圧の波形図、 (c) B H 特性図である。

【図 8】第 2 実施形態におけるステッピングモータの平面図である。

【図 9】第 2 実施形態における駆動回路の回路図である。

【図 10】比較例によるステッピングモータの平面図である。

【図 11】第 3 実施形態におけるステッピングモータの平面図である。

【図 12】第 4 実施形態におけるステッピングモータの平面図である。

【図 13】第 4 実施形態における駆動回路の回路図である。

【図 14】第 4 実施形態の動作説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

[第 1 実施形態]

第 1 実施形態の構成

以降、本発明を実施するための形態を、各図を参照して詳細に説明する。

図 1 は、本発明の第 1 実施形態における電子時計 1 を示す概略の構成図である。

本実施形態のアナログ式の電子時計 1 は、4 本の指針 2 a ~ 2 d (表示部) を独立のモータで各々駆動可能なものであり、特には限られないが、例えば、腕に装着するためのバンドを備えた腕時計型の電子時計である。この電子時計 1 は、例えば各指針 2 a ~ 2 d と、輪列機構 3 a ~ 3 d (表示部) を介して各指針 2 a ~ 2 d をそれぞれ回転駆動するステッピングモータ 4 a ~ 4 d (モータ) を有している。さらに、電子時計 1 は、ステッピングモータ 4 a ~ 4 d を駆動する駆動回路 5 と、マイクロコンピュータ 6 と、電源部 7 と、振動子 8 とを備えている。

【0012】

以下、指針 2 a ~ 2 d を特に区別しないときには、単に指針 2 と記載する。各輪列機構 3 a ~ 3 d を特に区別しないときには、単に輪列機構 3 と記載する。各ステッピングモータ 4 a ~ 4 d を特に区別しないときには、単にステッピングモータ 4 と記載する。

また、ステッピングモータ 4 と、駆動回路 5 と、マイクロコンピュータ 6 (制御部) と、振動子 8 とを含む部分を「モータ駆動装置 10」と呼ぶ。また、マイクロコンピュータ

10

20

30

40

50

6と、駆動回路5とは、ステッピングモータ4が正常に回転したか否かを検出する機能も有するため、駆動回路5およびマイクロコンピュータ6を、「回転検出装置11」と呼ぶ。

【0013】

駆動回路5はステッピングモータ4を駆動するブリッジ回路を有しており、マイクロコンピュータ6からの指令に応じて、ステッピングモータ4に電圧を印加する。マイクロコンピュータ6は、大規模集積回路(LSI: Large-Scale Integration)であり、CPU(Central Processing Unit)61と、周辺回路62と、発振回路611と、分周回路612と、計時回路613とを含んで構成される。

【0014】

各指針2a~2dは、文字盤上の回転軸に対して、回転自在に設けられている。輪列機構3a~3dは、それぞれ指針2a~2dを回転動作させる。駆動回路5は、マイクロコンピュータ6から入力された制御信号に基づいて、ステッピングモータ4a~4dを駆動するための駆動電圧信号を、適切なタイミングで出力する。この駆動回路5は、マイクロコンピュータ6からの設定信号に基づき、ステッピングモータ4の駆動電圧や駆動電圧パルス幅を調整して出力可能である。駆動回路5は、ステッピングモータ4に対して正転方向または逆転方向に駆動電圧信号を出力可能となっている。

【0015】

CPU61は、各種演算処理を行い、電子時計1の全体動作を統括制御する。CPU61は、制御プログラムを読み出して実行し、継続的に各部に時刻表示に係る動作を行わせると共に、操作部(不図示)への入力操作に基づいてリアルタイムで、または、設定されたタイミングで要求された動作を行わせる。CPU61は、指針2が移動する目標位置を設定し、駆動回路5を介して、ステッピングモータ4の駆動を制御する制御手段である。

【0016】

発振回路611は、固有の周波数信号を生成して分周回路612に出力する。発振回路611としては、例えば、水晶などの振動子8と組み合わせて発振する回路が用いられる。分周回路612は、発振回路611から入力された信号をCPU61や計時回路613が利用する各種周波数の信号に分周して出力する。計時回路613は、分周回路612から入力された所定の周波数信号の回数を計数し、初期時刻に加算していくことで現在時刻を計数するカウンタ回路である。計時回路613により計数される現在時刻は、CPU61により読み出されて時刻表示に用いられる。この時刻の計数は、ソフトウェア的に制御されてもよい。

【0017】

電源部7は、電子時計1を長期間に亘って継続的、かつ安定的に動作させることが可能な構成となっており、例えば電池とDC-DCコンバータとの組み合わせである。これにより動作中の電源部7の出力電圧は、所定値を保つ。

【0018】

図2は、LSIであるマイクロコンピュータ6の概略ブロック図である。マイクロコンピュータ6は、CPU61と、ROM(Read Only Memory)63と、RAM(Random Access Memory)64と、OSC(Oscillator)65と、ペリフェラル68と、VRMX67と、DVR66とを備えている。ROM63には、各種制御プログラムや初期設定データが保持されており、不図示の各種制御プログラムは、電子時計1の起動時に、CPU61により読み出されて継続的に実行される。

【0019】

RAM64は、SRAMとDRAMといった揮発性メモリであり、CPU61に作業用のメモリ空間を提供する。また、RAM64には、操作部への入力操作に基づいて設定されたユーザ設定データなどを一時記憶させておくことが可能である。RAM64の一部は、フラッシュメモリやEEPROM(Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)などの不揮発性メモリであってもよい。OSC65は、固有の周波数信号を生成してCPU61とペリフェラル68などに供給するものであり、図1の発振回路61

10

20

30

40

50

1と振動子8の組み合わせに相当する。

【0020】

DVR66は、モータを駆動する信号をドライブする回路である。VRMX67は、このDVR66に供給する電源を生成するレギュレータである。ペリフェラル68は、モータ制御部69を含み、このモータ制御部69は、フェーズ制御回路691と、駆動パルス生成回路692と、電流差検出パルス生成回路693と、VRMX制御回路694と、A/D変換器695と、検出判定回路696とを有している。なお、これらのフェーズ制御回路691、駆動パルス生成回路692、電流差検出パルス生成回路693、VRMX制御回路694、A/D変換器695、検出判定回路696は、単一のマイクロコンピュータ内のモータ制御部であってもよいし、各々別個にモータ制御部が設けられて、単一のマイクロコンピュータ又は複数のマイクロコンピュータで各動作が行われてもよい。

10

【0021】

フェーズ制御回路691は、駆動パルスの出力と電流差検出パルスの生成とを含む一連のフェーズを制御する。駆動パルス生成回路692はモータに駆動パルスを出し、電流差検出パルス生成回路693は、モータに電流差検出パルス(詳細は後述する)を出し、VRMX制御回路694は、VRMX67を制御して所定の電源電圧を生成する。A/D変換器695は、駆動回路5の所定箇所(詳細は後述する)のアナログ電圧をデジタル信号に変換する。検出判定回路696は、該デジタル信号に基づいてステッピングモータ4が回転したか否かを判定する。

【0022】

図3は、シングルコア構成のステッピングモータ4の平面図である。

ステッピングモータ4は、固定子47と回転子48とを有している。回転子48は円盤状に形成され周回方向に回転自在に支持されるとともに、径方向に2極着磁された磁石を有している。回転子48において、薄くハッチングを施した部分はS極48Sを構成し、濃いハッチングを施した部分はN極48Nを構成する。回転子48には、例えば希土類磁石等(例えば、サマリウムコバルト磁石等)の磁石が好適に用いられるが、これに限定されない。

20

【0023】

回転子48は、固定子47に設けられた不図示の軸を中心に回転可能に配置される。なお、本実施形態において、回転子48は、後記するコイルL1に駆動パルスが印加されることにより、反時計回り方向と時計回り方向のうちいずれかに、所定のステップ角で回転可能である。ステッピングモータ4を時計等に適用する場合には、回転子48には、例えば時計の指針2を運針させるための輪列機構3を構成する歯車を連結し、回転子48が回転することにより、この歯車などを回転させるようにするとよい。

30

【0024】

固定子47は、略矩形棒状に形成された鉄心46と、その上辺部分に巻回されたコイルL1とを有している。鉄心46の下辺中央部には、略円形の孔部42が形成され、この孔部42に対して同心を成すように回転子48が配置されている。コイルL1に電流を流すと、固定子47には、領域44,45付近に磁極が現れる。領域44,45の磁極の極性は、コイルL1に流す電流の向きにより、決定される。このコイルL1は、端子台43を介して駆動回路5(図1参照)に接続されている。

40

【0025】

従って、S極48S, N極48Nに反発する磁極が領域44,45に現れるようにコイルL1を駆動すると、回転子48は回転する。また、固定子47には、回転子48を受容する孔部42の内周面に、2つの凹部42aが形成されている。この2つの凹部42aは、上方向を0度としたとき、約60度および約240度の方向に形成されている。これら2つの凹部42aにより、回転子48の静止状態を維持させることができる。

【0026】

本実施形態において、ステッピングモータ4は、S極48S, N極48Nが領域44,45に対向している状態において、最もインデックストルク(保持トルク)が大きくなる

50

。そのため、駆動パルスが印加されていない非通電状態では、回転子48は、図3に示す停止位置またはこの停止位置から180度回転した停止位置で、磁氣的に安定して停止する。

【0027】

図4は、駆動回路5の回路図である。

駆動回路5は、駆動パルスおよび電流差検出パルスをコイルL1に印加するものであり、MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) で構成されたスイッチ素子Tr1~Tr4で構成したHブリッジ回路を有している。また、スイッチ素子Tr7, Tr8および抵抗R1は、コイルL1に蓄えられたエネルギーを放電する放電回路を構成する。コイルL1の端子電圧をコイル電圧V1と呼び、コイルL1に流れる電流をコイル電流I1と呼ぶ。

10

【0028】

駆動回路5の電源端子と接地端子との間には、電源部7(図1参照)により電源電圧Vccが印加される。そして、電圧端子と接地端子との間には、スイッチ素子Tr1, Tr2が接続点O2を介して直列に接続され、スイッチ素子Tr3, Tr4が接続点O1を介して直列に接続されている。抵抗R1の一端は接地端子に接続され、接続点O2と抵抗R1の他端との間にはスイッチ素子Tr7が接続され、接続点O1と抵抗R1の他端との間にはスイッチ素子Tr8が接続されている。また、接続点O2, O1の間にはステッピングモータ4のコイルL1が接続されている。

【0029】

第1実施形態の動作

次に、図5を参照し、本実施形態の動作を説明する。なお、図5は、駆動回路5の(a)パルス駆動時、(b)電流差検出パルス供給時、(c)電流検出時、および(d)電流検出時(逆方向)の動作説明図である。ステッピングモータ4は、180度のステップ角で回転可能である。図5(a)~(c)は、あるステップ角から次のステップ角に至るまで、回転子48が180度回転する期間内に駆動回路5に流れる電流を示している。

20

【0030】

図5(a)は、回転子48を回転駆動する駆動パルス入力時の動作を示す。ここでは、駆動パルス生成回路692(図2参照)は、スイッチ素子Tr1, Tr4をオンにし、他のスイッチ素子をオフにする。すると、スイッチ素子Tr1, Tr4を通る経路A1に沿ってコイルL1に電流が流れ、通常の状態では、回転子48が約180度回転駆動される。この状態を「回転成功」と呼ぶ。但し、駆動パルス入力時に、電子時計1に対し振動や衝撃が加わった場合等においては、駆動パルスを入力しても回転子48が回転しないことがある。この状態を「回転不成功」と呼ぶ。

30

【0031】

次に、図5(b)は、回転子48の位置検出を行うための電流差検出パルス入力時の動作を示す。ここでは、電流差検出パルス生成回路693(図2参照)は、スイッチ素子Tr2, Tr3をオンにし、他のスイッチ素子をオフにする。すると、スイッチ素子Tr2, Tr3を通る経路A2に沿って、経路A1とは逆向きにコイルL1に電流が流れる。コイルL1に流れた電流により、コイルL1には磁気エネルギーが蓄えられる。但し、電流差検出パルスのパルス幅は、駆動パルスと比較して短いため、電流差検出パルスによっては、回転子48は回転駆動されない。

40

【0032】

次に、図5(c)は、コイルL1に蓄えられた磁気エネルギーを電流として流し、その電流値を検出する電流検出時の動作を示す。ここでは、電流差検出パルス生成回路693は、スイッチ素子Tr4, Tr7をオンにし、他のスイッチ素子はオフにする。すると、スイッチ素子Tr4, コイルL1、スイッチ素子Tr7、抵抗R1を通る経路A3に沿って電流が流れ、抵抗R1には、この電流に比例する端子電圧が現れる。抵抗R1の端子電圧は、図2に示したA/D変換器695によってデジタル信号に変換される。検出判定回路696においては、該端子電圧に基づいて、回転子48の回転が成功したか否かを判定

50

する。なお、回転不成功であった場合は、駆動パルスと同様の補正パルスを印加して回転子48を回転させる。

【0033】

図5(a)~(c)に示した動作が完了した後、回転子48が残りの180度回転する期間内では、図5(a)~(c)に示した向きとは逆方向の電流がコイルL1に供給される。すなわち、駆動パルス入力時は、駆動パルス生成回路692の制御により、図5(b)に示す経路A2に沿って駆動パルスが供給される。また、電流差検出パルス入力時には、電流差検出パルス生成回路693の制御により、図5(a)に示す経路A1に沿って電流差検出パルスが供給される。そして、電流検出時には、電流差検出パルス生成回路693はスイッチ素子Tr2, Tr8をオン状態にし、他のスイッチ素子はオフにする。すると、図5(d)に示すように、スイッチ素子Tr2、コイルL1、スイッチ素子Tr8、抵抗R1を通る経路A4に沿って電流が流れ、抵抗R1には、この電流に比例する端子電圧が現れる。

10

【0034】

次に、図6(a)~(c)を参照し、回転成功時における各部の波形を説明する。なお、図6(a)はコイル電流I1の波形図、図6(b)は、スイッチ素子Tr1~Tr4によってコイルL1に印加されるコイル電圧V1の波形図、図6(c)は、鉄心46のBH特性図である。図6(c)の横軸は、コイルL1の箇所における鉄心46の磁界Hであり、縦軸は同箇所における鉄心46の磁束密度Bである。

【0035】

図6(b)において、時刻t1~t2の期間、および時刻t3~t4の期間にコイルL1に印加されるコイル電圧V1は、それぞれ図5(a), (b)に示した駆動パルスおよび電流差検出パルスである。また、図6(a)において、時刻t4~t5の期間に流れるコイル電流I1は、図5(c)に示した経路A3で抵抗R1に流れる電流である。また、図6(c)において破線で示す磁界Hは、回転子48の磁石による磁界であり、一点鎖線で示す磁界Hは、磁石による磁界と、電流差検出パルスによる磁界とを加算した結果である。

20

【0036】

回転子48の回転が成功した場合、電流差検出パルスによる磁界は、磁石による磁界を弱める方向に生じるため、両者を加算した磁界Hは、磁気飽和の影響が比較的小さい領域に属し、BH特性の接線の傾きdB/dHは、比較的大きくなる。接線の傾きdB/dHは、微分透磁率μになり、コイルL1のインダクタンスは微分透磁率μに比例するため、インダクタンスは比較的大きな値になる。従って、電流差検出パルスの供給時(時刻t3~t4)および電流検出時(時刻t4~t5)におけるコイル電流I1は、図6(a)に示すように、比較的低い値になる。そして、コイル電流I1のピーク値が閾値Ith以下であれば、検出判定回路696(図2参照)は、回転が成功したものと判定する。

30

【0037】

ここで、電流差検出パルスの幅(時刻t3~t4)は、0.01ミリ秒以上、1ミリ秒以下の範囲にすることが好ましく、0.05ミリ秒以上、0.1ミリ秒以下の範囲にすることがより好ましい。また、駆動パルスの幅(時刻t1~t2)との相対関係では、電流差検出パルスの幅は、駆動パルスの幅の1/3~1/300の範囲にすることが好ましく、1/30~1/60の範囲にすることがより好ましい。これらの数値の意義は、電流差検出パルスが短すぎると回転検出の精度が悪くなり、長すぎると回転子48が動いてしまうためである。

40

【0038】

次に、図7(a)~(c)を参照し、回転不成功時における各部の波形を説明する。なお、図7(a)~(c)は、図6(a)~(c)に対応する、回転不成功時における波形図および特性図である。

図7(b)において、時刻t11~t12の期間および時刻t13~t14の期間にコイルL1に印加されるコイル電圧V1は、それぞれ駆動パルスおよび電流差検出パルスである。また、図7(a)において、時刻t14~t15の期間に流れるコイル電流I1は、図5(c)

50

に示した経路 A 3 で抵抗 R 1 に流れる電流である。また、図 7 (c) において破線で示す磁界 H は、回転子 4 8 の磁石による磁界であり、一点鎖線で示す磁界 H は、磁石による磁界と、電流差検出パルスによる磁界とを加算した結果である。

【 0 0 3 9 】

回転子 4 8 の回転が不成功であった場合、電流差検出パルスによる磁界は、磁石による磁界を強める方向に生じるため、両者を加算した磁界 H は、磁気飽和の影響が比較的大きい領域に属し、B H 特性の接線の傾き $d B / d H$ は、比較的小さくなる。これにより、コイル L 1 のインダクタンスは比較的小さな値になり、電流差検出パルスの供給時 (時刻 t 13 ~ t 14) および電流検出時 (時刻 t 14 ~ t 15) におけるコイル電流 I 1 は、図 7 (a) に示すように、比較的高い値になる。

10

【 0 0 4 0 】

上述したように、コイル電流 I 1 に比例する抵抗 R 1 の端子電圧は、図 2 に示した A / D 変換器 6 9 5 によってデジタル信号に変換され、検出判定回路 6 9 6 に供給される。検出判定回路 6 9 6 は、抵抗 R 1 の端子電圧に基づいてコイル電流 I 1 を計算し、コイル電流 I 1 のピーク値と閾値 I t h とを比較する。そして、コイル電流 I 1 のピーク値が該閾値 I t h 以下であれば、「回転成功」と判定し、コイル電流 I 1 のピーク値が該閾値 I t h を超えると「回転不成功」と判定する。

【 0 0 4 1 】

第 1 実施形態の効果

以上のように、本実施形態の回転検出装置 (1 1) は、
コイルに流れる電流差に基づいて、回転子が回転したか否かを判定するモータ制御部 (6 9) を備え、

20

モータ制御部 (6 9) は、
回転子が回転した場合とそうでない場合との磁石の停止角度によって生じる磁束密度差をコイルに流れる電流差によって検出するための電流差検出パルスを出力するものである。

ここで「電流差」とは、例えばコイル電流 I 1 のピーク値と閾値 I t h との差である。

また、別の観点において、本実施形態の回転検出装置 (1 1) は、

回転子 (4 8) が正常に回転したと仮定した場合の磁石による第 1 の磁束密度が、回転子 (4 8) が正常に回転しなかったと仮定した場合の磁石による第 2 の磁束密度以上になる一のコイルを検査対象コイルとし、第 1 の磁束密度を下げる方向の磁束を発生させる電流差検出パルスを検査対象コイルに供給する電流差検出パルス生成回路 (6 9 3) と、

30

検査対象コイルに流れる電流に基づいて、回転子 (4 8) が正常に回転したか否かを判定する検出判定回路 (6 9 6) と、

を有するものである。

【 0 0 4 2 】

すなわち、図 3 において、回転子 4 8 が何れの停止位置にあったとしても、コイル (L 1) に流れる磁束は略同一であり、「第 1 の磁束密度 = 第 2 の磁束密度」になるので、「第 1 の磁束密度」は「第 2 の磁束密度以上」になる。

そして、回転が成功する頻度は、回転が不成功になる頻度よりも高く、電流差検出パルス生成回路 (6 9 3) は、回転が成功した場合の第 1 の磁束密度を下げる方向の磁束を発生させるように、電流差検出パルスを検査対象コイル (L 1) に供給するので、検査対象コイル (L 1) に流れる電流が小さくなる (図 6 (a) の時刻 t 3 ~ t 4 のようになる) 頻度は、電流が大きくなる (図 7 (a) の時刻 t 13 ~ t 14 のようになる) 頻度よりも高くなる。

40

これにより、本実施形態によれば、消費電力を抑制しつつ、回転子 (4 8) の正確な回転検出を実現できる。

【 0 0 4 3 】

また、電流差検出パルス生成回路 (6 9 3) は、所定の供給期間 (時刻 t 3 ~ t 4 , t 13 ~ t 14) 、検査対象コイルに電流差検出パルスを供給し、

50

検出判定回路(696)は、供給期間が終了した後に検査対象コイルに流れる電流に基づいて、回転子(48)が正常に回転したか否かを判定する。

また、回転子(48)は、一周の回転範囲の中で磁氣的に安定して停止する複数の停止位置を有するものであり、

検出判定回路(696)は、回転子(48)が正常に回転した場合の停止位置に位置するか否かを判定する。

さらに、電流差検出パルスは、ハイ・レベル期間が0.01ミリ秒以上かつ1ミリ秒以下の長さの矩形波である。

ここで「ハイ・レベル期間」とは、例えば、電流差検出パルス生成回路(693)によって、絶対値が零を超える電圧が、検査対象コイルに印加される期間である。

これらの特徴により、コイル(L1)に高周波電流を供給するような公知技術と比較すると、消費電力を大幅に低減することができる。

【0044】

[第2実施形態]

第2実施形態の構成

次に、本発明の第2実施形態による電子時計について説明する。本実施形態の電子時計の全体構成は、第1実施形態のもの(図1参照)と同様であるが、第1実施形態におけるステッピングモータ4および駆動回路5に代えて、図8に示すステッピングモータ140および図9に示す駆動回路150が適用される点異なる。なお、図8、図9において、図1~図7の各部に対応する部分には同一の符号を付し、その説明を省略することがある。

【0045】

図8は、ステッピングモータ140の平面図である。

ステッピングモータ140は、固定子147と回転子48とを有している。回転子48の構成は、第1実施形態のもの(図3参照)と同様である。本実施形態において、回転子48は、後記するコイルL1、L2に駆動パルスが印加されることにより、反時計回り方向と時計回り方向のうちいずれかに、所定のステップ角で回転可能である。なお、本実施形態において、ステップ角は180度である。

【0046】

固定子147は、略矩形形状のセンターヨーク145と、その下方に配置された一对のサイドヨーク144、146と、コイルL1、L2とを有している。サイドヨーク144、146は、回転子48を囲むようにほぼ左右対称に設けられている。そして、センターヨーク145の上端部とサイドヨーク144、146との間には、コイルL1(第1のコイル)、L2(第2のコイル)が挿入されており、コイルL1、L2は、端子台143を介して後述する駆動回路150に接続されている。

【0047】

固定子147には、センターヨーク145の下端と、一对のサイドヨーク144、146との交点に、略円形の孔部142が形成され、この孔部142に回転子48が配置されている。固定子147には、励磁状態において、回転子48の外周に沿って、センターヨーク145の近傍と、サイドヨーク144の近傍と、サイドヨーク146の近傍に3つの磁極が現れる。固定子147の3つの磁極は、コイルL1、L2に駆動パルスが印加されることにより、その極性が切り替えられる。また、サイドヨーク144、146の接続箇所において、孔部142の下方には、円弧状の凹部147aが形成されている。

【0048】

コイルL1は、その一端がセンターヨーク145と磁氣的に連結され、コイルL1の他端側はサイドヨーク146の自由端と磁氣的に連結される。また、コイルL2は、その一端側がセンターヨーク145と磁氣的に連結され、コイルL2の他端側はサイドヨーク144の自由端と磁氣的に連結される。

本実施形態では、コイルL1、L2に、駆動パルス生成回路692(図2参照)により駆動パルスが印加される。これによりコイルL1、L2から磁束が生じると、この磁束は

10

20

30

40

50

コイルL1の磁心およびこれと磁氣的に連結されている固定子147に沿って流れ、3つの磁極が適宜切り替えられる。

【0049】

また、孔部142の内周面には、3つの凹部142aが形成されている。これら3つの凹部142aは、センターヨーク145の方向に対して、10度程度反時計回りに傾いた方向と、これと垂直な2方向に形成されている。これら3つの凹部142aにより、回転子48の静止状態を維持させることができる。本実施形態において、ステッピングモータ140は、センターヨーク145の方向に対して、時計回りに約80度および約260度傾いた方向に回転子48の分極方向が対向している状態において、最もインデックストルク（保持トルク）が大きくなる。そのため、駆動パルスが印加されていない非通電状態では、回転子48は、図8に示す停止位置またはこの停止位置から180度回転した停止位置で、磁氣的に安定して停止する。

10

【0050】

図9は、駆動回路150の回路図である。

駆動回路150は、駆動パルスを2つのコイルL1, L2に印加するとともに、電流差検出パルスをコイルL1に印加するものであり、MOSFETで構成されたスイッチ素子Tr1~Tr6で構成したHブリッジ回路を有している。また、スイッチ素子Tr7~Tr9および抵抗R1は、コイルL1, L2に蓄えられたエネルギーを放電する放電回路を構成する。

【0051】

20

駆動回路150の電源端子と接地端子との間には、電源部7（図1参照）により電源電圧Vccが印加される。そして、電圧端子と接地端子の間には、スイッチ素子Tr1, Tr2が接続点O2を介して直列に接続され、スイッチ素子Tr3, Tr4が接続点O1を介して直列に接続され、スイッチ素子Tr5, Tr6が接続点O3を介して直列に接続されている。抵抗R1の一端は接地端子に接続され、接続点O2と抵抗R1の他端の間にはスイッチ素子Tr7が接続され、接続点O1と抵抗R1の他端の間にはスイッチ素子Tr8が接続され、接続点O3と抵抗R1の他端の間にはスイッチ素子Tr9が接続されている。また、接続点O2, O1の間にはステッピングモータ140のコイルL1が接続され、接続点O3, O1の間にはコイルL2が接続されている。

【0052】

30

第2実施形態の動作

第2実施形態において、駆動パルス生成回路692（図2参照）が図9に示すスイッチ素子Tr1~Tr6をオン/オフすることにより、コイルL1, L2に駆動パルス（図6（b）, 図7（b）参照）が供給され、回転子48が回転駆動される。上述したように、回転子48は、図8に示す停止位置またはこの位置から180度回転した停止位置で磁氣的に安定して停止する。その際、コイルL1, L2の非通電状態においてコイルL1, L2のコアに生じる磁束密度B1, B2を図8内の破線矢印で示す。

【0053】

本実施形態においては、凹部142aの位置を、上下左右方向から約10度、反時計回りに傾けたため、磁束密度B1はB2よりも大きくなっている。なお、図8に示す停止位置から180度回転した停止位置においては、磁束の向きは反転するが、やはり磁束密度B1はB2よりも大きくなる。これは、停止位置においては、コイルL1のほうがコイルL2よりも磁気飽和の影響が強い、ということである。

40

【0054】

そこで、本実施形態においては、電流差検出パルス生成回路693は、電流差検出パルス（図6（b）, 図7（b）参照）をコイルL1に供給し、コイルL2には供給しないようにしている。電流差検出パルスに基づいて、コイルL1に流れるコイル電流I1の波形は、回転成功時には図6（a）、回転不成功時には図7（b）に示す波形と同様になる。従って、第1実施形態と同様に、検出判定回路696は、コイル電流I1のピーク値が閾値Ith以下であれば、「回転成功」と判定し、コイル電流I1のピーク値が閾値Ith

50

を超えると「回転不成功」と判定する。

【0055】

比較例

ここで、本実施形態の効果を明らかにするため、図10を参照し、本実施形態の比較例によるステッピングモータ160の構成を説明する。

図10は、ステッピングモータ160の平面図である。ステッピングモータ160は、固定子167と回転子48とを有している。固定子167は、略矩形形状のセンターヨーク165と、その下方に配置された一对のサイドヨーク164、166と、コイルL1、L2とを有している。サイドヨーク164、166は、回転子48を囲むようにほぼ左右対称に設けられている。センターヨーク165、サイドヨーク164、166は、図8に示した第2実施形態のセンターヨーク145、サイドヨーク144、146とほぼ同様の形状を有している。また、回転子48の下方に形成された凹部167aの形状も、第2実施形態における凹部147aの形状と同様である。

10

【0056】

但し、センターヨーク165、サイドヨーク164、166の交点に形成された略円形の孔部162は、第2実施形態の孔部142と比較すると、凹部162aの形成位置が異なっている。すなわち、本比較例の孔部162においては、回転子48の上および左右方向に、凹部162aが形成されている。このように、本比較例の固定子167は、ほぼ左右対称に形成されているため、回転子48から出力された磁束は、サイドヨーク164、166を介してほぼ二等分された後、回転子48に戻る。従って、コイルL1、L2の非通電状態においてコイルL1、L2のコアに生じる磁束密度B1、B2は、図10内の破線矢印で示すように、ほぼ等しくなる。

20

【0057】

このように、磁束密度B1、B2がほぼ等しくなると、その何れもが磁気飽和による影響を受けにくくなる。すると、電流差検出パルスによってコイルL1、L2に流れる電流は、回転成功時、回転不成功時の差が小さくなり、回転子48の回転検出が難しくなるという問題が生じる。

【0058】

第2実施形態の効果

以上のように、本実施形態の電子時計によれば、モータ(4)は、複数のコイルとして、第1のコイル(L1)と、第2のコイル(L2)とを有するものであり、

30

第1のコイル(L1)の磁束密度(B1)は、複数の停止位置の何れにおいても、第2のコイル(L2)の磁束密度(B2)よりも大きく、かつ、複数の停止位置の何れにおいても、第1のコイル(L1)が検査対象コイルとして選択される。

【0059】

上述したように、磁束密度B1、B2をほぼ等しくする比較例(図10参照)によれば、回転子48の回転検出が難しくなるという問題が生じる。これに対して、第2実施形態(図8参照)によれば、停止位置におけるコイルL1の磁束密度B1がコイルL2の磁束密度B2よりも大きくなるように固定子147を構成している。これにより、デュアルコア・タイプのステッピングモータ140においても、消費電力を抑制しつつ、回転子48の回転検出を高精度で行うことが可能になる。

40

【0060】

[第3実施形態]

次に、本発明の第3実施形態による電子時計について説明する。本実施形態の電子時計の全体構成は、第1実施形態のもの(図1参照)と同様であるが、第1実施形態におけるステッピングモータ4および駆動回路5に代えて、図11に示すステッピングモータ170および第2実施形態と同様の駆動回路150(図9参照)が適用される点が異なる。なお、図11において、図1~図10の各部に対応する部分には同一の符号を付し、その説明を省略することがある。

【0061】

50

図11は、ステッピングモータ170の平面図である。

ステッピングモータ170は、固定子177と回転子48とを有している。回転子48の構成は、第1実施形態のもの(図3参照)と同様である。また、固定子177は、略矩形形状のセンターヨーク175と、その下方に配置された一对のサイドヨーク174, 176と、コイルL1, L2とを有している。サイドヨーク174, 176は、回転子48を囲むようにほぼ左右対称に設けられている。センターヨーク175、サイドヨーク174, 176は、第2実施形態の比較例(図10参照)におけるセンターヨーク165、サイドヨーク164, 166とほぼ同様の形状を有している。また、これらの交点に形成された孔部172の形状も、図10の比較例における孔部162の形状と同様である。

【0062】

但し、図11において、回転子48の下方に形成された円弧状の凹部177aは、図10における凹部167aよりも左方向に偏っている。本実施形態においては、回転子48から下方方向に向かう磁束は、サイドヨーク174, 176に分岐されるが、凹部177a付近においてサイドヨーク174の断面積が小さくなるため、サイドヨーク174よりもサイドヨーク176により大きな磁束が流れる。上記以外の構成は、第2実施形態のものと同様である。

【0063】

このように、本実施形態によれば、第2実施形態と同様に、デュアルコア・タイプのステッピングモータ170においても、消費電力を抑制しつつ、回転子48の回転検出を高精度で行うことが可能になる。

【0064】

[第4実施形態]

第4実施形態の構成

次に、本発明の第4実施形態による電子時計について説明する。本実施形態の電子時計の全体構成は、第1実施形態のもの(図1参照)と同様であるが、第1実施形態におけるステッピングモータ4および駆動回路5に代えて、図12に示すステッピングモータ240および図13に示す駆動回路250が適用される点が異なる。なお、図12、図13において、図1~図11の各部に対応する部分には同一の符号を付し、その説明を省略することがある。

【0065】

図12は、ステッピングモータ240の平面図である。

ステッピングモータ240は、固定子247と回転子48とを有している。回転子48の構成は、第1実施形態のもの(図3参照)と同様である。本実施形態において、回転子48は、後記するコイルL1(第1のコイル)、コイルL2(第2のコイル)、コイルL3(第3のコイル)に駆動パルスが印加されることにより、反時計回り方向と時計回り方向のうちいずれかに、所定のステップ角で回転可能である。なお、本実施形態において、ステップ角は60度である。

【0066】

固定子247は、略E字状の第1ヨーク245と、略I字状の第2ヨーク246とを有している。第2ヨーク246の前面には、複数の端子台243が装着されている。第1, 第2ヨーク245, 246の間には、コイルL1, L2, L3が挿入されている。コイルL1, L2, L3は、第1, 第2ヨーク245, 246と磁氣的に結合されるとともに、端子台243を介して後述する駆動回路250に接続されている。

【0067】

第1ヨーク245の中央部分には、略円形の孔部242が形成され、この孔部242に回転子48が配置されている。固定子247には、励磁状態において、孔部242の周囲に3つの磁極が現れる。固定子247の3つの磁極は、コイルL1, L2, L3に駆動パルスが印加されることにより、その極性が切り替えられる。また、第1ヨーク245の左側面中央には、円弧状の凹部247aが形成されている。

【0068】

10

20

30

40

50

孔部 242 の内周面には、周回方向 6 等分位置に凹部 242 a が形成されている。これら凹部 242 a により、回転子 48 の静止状態を維持させることができる。本実施形態において、ステッピングモータ 240 は、凹部 242 a に回転子 48 の分極方向が対向している状態において、最もインデックストルク（保持トルク）が大きくなる。そのため、駆動パルスが印加されていない非通電状態では、回転子 48 は、図 12 に示す停止位置またはこの停止位置から 60 度、120 度、180 度、240 度、300 度回転した停止位置で、磁氣的に安定して停止する。

【0069】

図 13 は、駆動回路 250 の回路図である。

駆動回路 250 は、駆動パルスおよび電流差検出パルスを 3 つのコイル L1, L2, L3 に印加するものであり、MOSFET で構成されたスイッチ素子 Tr1 ~ Tr6, Tr10, Tr11 で構成した Hブリッジ回路を有している。また、スイッチ素子 Tr7 ~ Tr9, Tr12 および抵抗 R1 は、コイル L1, L2 に蓄えられたエネルギーを放電する放電回路を構成する。

10

【0070】

駆動回路 250 の電源端子と接地端子との間には、電源部 7（図 1 参照）により電源電圧 Vcc が印加される。そして、電圧端子と接地端子の間には、スイッチ素子 Tr1, Tr2 が接続点 O2 を介して直列に接続され、スイッチ素子 Tr3, Tr4 が接続点 O1 を介して直列に接続されている。同様に、スイッチ素子 Tr5, Tr6 が接続点 O3 を介して直列に接続され、スイッチ素子 Tr10, Tr11 が接続点 O4 を介して直列に接続されている。

20

【0071】

また、抵抗 R1 の一端は接地端子に接続され、接続点 O2 と抵抗 R1 の他端の間にはスイッチ素子 Tr7 が接続され、接続点 O1 と抵抗 R1 の他端の間にはスイッチ素子 Tr8 が接続されている。同様に、接続点 O3 と抵抗 R1 の他端の間にはスイッチ素子 Tr9 が接続され、接続点 O4 と抵抗 R1 の他端の間にはスイッチ素子 Tr12 が接続されている。また、接続点 O2, O1 の間にはステッピングモータ 240 のコイル L1 が接続され、接続点 O3, O1 の間にはコイル L2 が接続され、接続点 O3, O4 の間にはコイル L3 が接続されている。

【0072】

第 4 実施形態の動作

第 4 実施形態において、駆動パルス生成回路 692（図 2 参照）が図 13 に示すスイッチ素子 Tr1 ~ Tr6, Tr10, Tr11 をオン/オフする。これにより、コイル L1, L2, L3 に駆動パルス（図 6（b）, 図 7（b）参照）が供給され、回転子 48 が回転駆動される。上述したように、回転子 48 は、図 12 に示す停止位置またはこの位置から 60 度、120 度、180 度、240 度、300 度回転した停止位置で、磁氣的に安定して停止する。

30

【0073】

図 14 は、本実施形態の動作説明図である。図 14 に示す各停止位置において、回転子 48 の周囲に記されている「N」または「S」の文字は、回転子 48 によって第 1 ヨーク 245 に誘起される磁極、すなわちコイル L1, L2, L3 が非通電状態であるときに誘起される磁極を表す。図示の各状態において、N 極または S 極が 2 箇所が生じていると、それらの箇所に対応するコイルには、2 分割された磁束が流れることになるため、磁束密度が小さくなる。一方、N 極または S 極が 1 箇所のみ生じていると、対応するコイルには、ほぼ全ての磁束が流れることになるため、磁束密度は大きくなる。すなわち、当該コイルの磁束密度は、3 つのコイル L1, L2, L3 のうち、最大になる。

40

【0074】

そこで、本実施形態において、電流差検出パルス生成回路 693（図 2 参照）は、回転子 48 が正常に回転したと仮定した場合に磁束密度が最大になるコイルに対して、電流差検出パルスを供給する。すなわち、該コイルの磁束密度を下げる方向に電流差検出パルス

50

を供給するように、スイッチ素子 Tr_2 , Tr_4 , Tr_6 , $Tr_7 \sim Tr_9$, Tr_{11} , Tr_{12} をオン/オフ制御する。図14に示す各ステップモータ240においては、回転子48が正常に回転したと仮定した場合における回転子48の状態を示している。また、電流差検出パルスを提供するコイルおよび電流差検出パルスによって生じる磁束の方向を、図14において白抜きの矢印で示す。図14に示すように、回転子48が正常に回転する限り、電流差検出パルスは、所定の順序で循環的にコイル L_1 , L_2 , L_3 に供給される。電流差検出パルスを提供した後の回転検出動作は、第1～第3実施形態のものと同様である。

【0075】

以上のように、本実施形態によれば、

モータ(4)は、複数のコイルとして、第1のコイル(L_1)と第2のコイル(L_2)と第3のコイル(L_3)とを有するものであり、

検出判定回路(696)は、回転子(48)が正常に回転する限り、第1のコイル(L_1)と第2のコイル(L_2)と第3のコイル(L_3)とに対して、所定の順序で電流差検出パルスを提供することを特徴とする。

また、電流差検出パルスが供給される検査対象コイルは、回転子(48)が正常に回転したと仮定した場合の磁石による第1の磁束密度が、回転子(48)が正常に回転しなかったと仮定した場合の磁石による第2の磁束密度以上になるコイルである。

これにより、トリプルコア・タイプのステップモータ240においても、消費電力を抑制しつつ、回転子48の回転検出を高精度で行うことが可能になる。

【0076】

[変形例]

本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。上述した実施形態は本発明を理解しやすく説明するために例示したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について削除し、若しくは他の構成の追加・置換をすることが可能である。上記実施形態に対して可能な変形は、例えば以下のようなものである。

【0077】

(1)上記各実施形態においては、「モータ」の具体例として、シングルコア、デュアルコア、トリプルコア型のステップモータ4, 140, 170, 240を適用した例を説明したが、より多くのコイルを有するステップモータを適用してもよい。また、ステップモータ以外のモータに本発明を適用してもよい。

【0078】

(2)また、マイクロコンピュータ6は、上記各実施形態においては、電子時計1に搭載されるものとして説明したが、電子時計1以外の様々な装置のモータ制御に適用してもよい。

【0079】

(3)上記各実施形態においては、駆動パルスの極性と電流差検出パルスの極性とを逆の極性とした例を説明したが、これに限られない。例えば、駆動パルスの極性と電流差検出パルスの極性とを同じ極性としてもよい。この場合、回転子48の回転が成功した場合には、電流差検出パルスによる磁界は、磁石による磁界を強める方向に生じるため、両者を加算した磁界 H は、磁気飽和の影響が比較的大きい領域に属し、 BH 特性の接線の傾き dB/dH は、比較的小さくなる。これにより、コイル L_1 のインダクタンスは比較的小さな値になる。従って、電流差検出パルスの供給時(時刻 $t_3 \sim t_4$)および電流検出時(時刻 $t_4 \sim t_5$)におけるコイル電流 I_1 は、比較的高い値になる。回転子48の回転が不成功であった場合には、電流差検出パルスによる磁界は、磁石による磁界を弱める方向に生じるため、両者を加算した磁界 H は、磁気飽和の影響が比較的小さい領域に属し、 BH 特性の接線の傾き dB/dH は、比較的大きくなる。これにより、コイル L_1 のインダクタ

10

20

30

40

50

ンスは比較的大きな値になり、電流差検出パルスの供給時（時刻 $t_{13} \sim t_{14}$ ）および電流検出時（時刻 $t_{14} \sim t_{15}$ ）におけるコイル電流 I_1 は、比較的低い値になる。そして、コイル電流 I_1 のピーク値が該閾値 I_{th} を超えると、「回転成功」と判定し、コイル電流 I_1 のピーク値が該閾値 I_{th} 以下であると「回転不成功」と判定する。

【0080】

（4）上記各実施形態は、落下衝撃や静電気などによる針ずれの感知に適用してもよい。

すなわち、回転検出を行った後、次に駆動パルスを供給するまでの間に同様な回転検出を複数回行うと、針がずれたか否かを判定することができる。針がずれたと認識された場合は、針位置を検出して正規の位置に戻すことで針ずれを修正することが可能になる。これにより従来搭載できなかった重量・アンバランスモーメントの大きな秒針、分針、時針を搭載可能とすることができる。

10

【0081】

以下に、この出願の願書に最初に添付した特許請求の範囲に記載した発明を付記する。付記に記載した請求項の項番は、この出願の願書に最初に添付した特許請求の範囲の通りである。

[付記]

<請求項1>

磁石を有する回転子と、前記回転子を回転させるためのコイルを備える固定子と、を備えるモータの、前記回転子の回転検出を行う回転検出装置であって、

前記コイルに流れる電流差に基づいて、前記回転子が回転したか否かを判定するモータ制御部を備え、

20

前記モータ制御部は、

前記回転子が回転した場合とそうでない場合との前記磁石の停止角度によって生じる磁束密度差を前記コイルに流れる電流差によって検出するための電流差検出パルスを出力する

ことを特徴とする回転検出装置。

<請求項2>

前記モータ制御部は、

所定期間、前記コイルに前記電流差検出パルスを出力し、

前記所定期間が終了した後に前記コイルに流れる電流差に基づいて、前記回転子が回転したか否かを判定する

30

ことを特徴とする請求項1に記載の回転検出装置。

<請求項3>

前記回転子は、一周の回転範囲の中で磁氣的に安定して停止する複数の停止角度があり、

前記モータ制御部は、前記回転子が回転し、前記停止角度で停止するか否かを判定することを特徴とする請求項1または2に記載の回転検出装置。

<請求項4>

前記電流差検出パルスは、ハイ・レベル期間が0.01ミリ秒以上かつ1ミリ秒以下の長さの矩形波である

40

ことを特徴とする請求項3に記載の回転検出装置。

<請求項5>

前記回転子の前記停止角度は、一周の回転範囲の中で2箇所あり、

前記回転子は、回転時に2箇所の前記停止角度に交互に停止し、

前記モータ制御部は、前記回転子の回転時に、前記コイルに供給する前記電流差検出パルスの極性を交互に切り替える

ことを特徴とする請求項3または4に記載の回転検出装置。

<請求項6>

前記モータの前記コイルとして、第1のコイルと、第2のコイルとがあり、

前記第1のコイルの磁束密度は、複数の前記停止角度の何れにおいても、前記第2のコ

50

イルの磁束密度よりも大きく、かつ、複数の前記停止角度の何れにおいても、前記第 1 のコイルに流れる電流差に基づいて、前記回転子が回転したか否かを判定する

ことを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の回転検出装置。

< 請求項 7 >

前記モータの前記コイルとして、第 1 のコイルと第 2 のコイルと第 3 のコイルととがあり、

前記モータ制御部は、前記回転子の回転時に、前記第 1 のコイルと前記第 2 のコイルと前記第 3 のコイルとに対して、所定の順序で前記電流差検出パルスを提供する

ことを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の回転検出装置。

< 請求項 8 >

請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の回転検出装置と、
表示部と、

時刻を計時する計時部と、

前記計時部が計時する前記時刻を前記表示部に表示させる制御部と、

を備えることを特徴とする電子時計。

10

【符号の説明】

【 0 0 8 2 】

1 電子時計

2 , 2 a ~ 2 d 指針 (表示部)

3 , 3 a ~ 3 d 輪列機構 (表示部)

20

4 , 4 a ~ 4 d , 1 4 0 , 1 7 0 , 2 4 0 ステッピングモータ (モータ)

5 駆動回路

6 マイクロコンピュータ (制御部)

7 電源部

8 振動子

1 0 モータ駆動装置

1 1 回転検出装置

4 7 固定子

4 8 回転子

6 9 モータ制御部

30

6 1 3 計時回路 (計時部)

6 9 2 駆動パルス生成回路

6 9 3 電流差検出パルス生成回路

6 9 6 検出判定回路

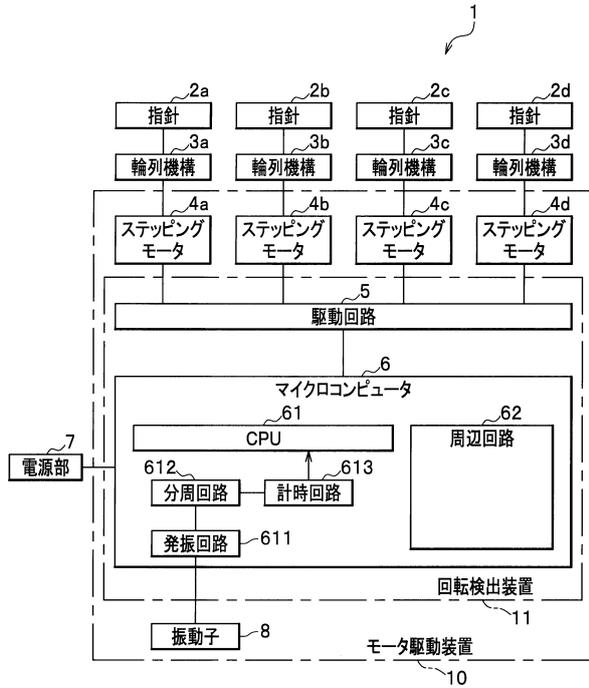
L 1 コイル (第 1 のコイル)

L 2 コイル (第 2 のコイル)

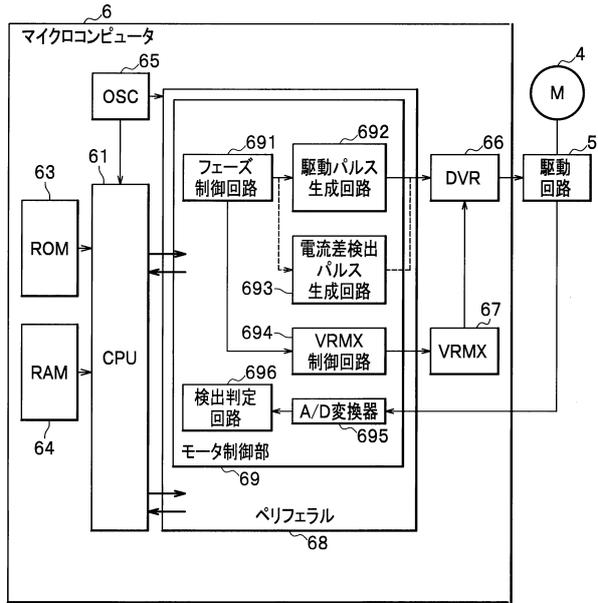
L 3 コイル (第 3 のコイル)

T r 1 ~ T r 1 2 スイッチ素子

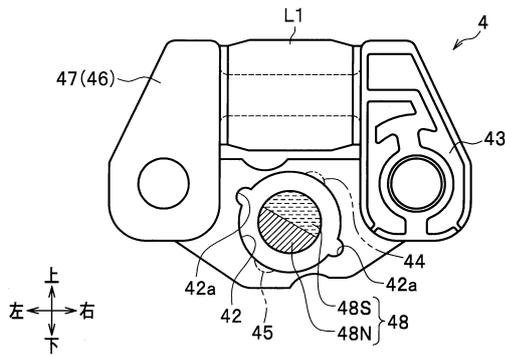
【図1】



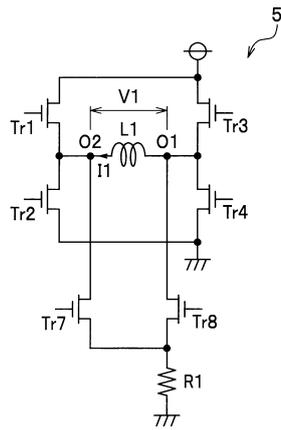
【図2】



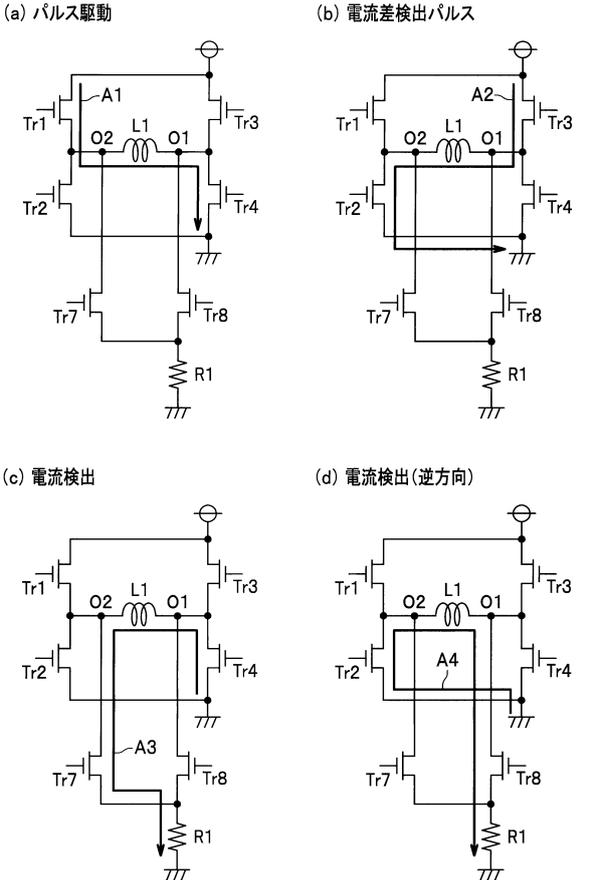
【図3】



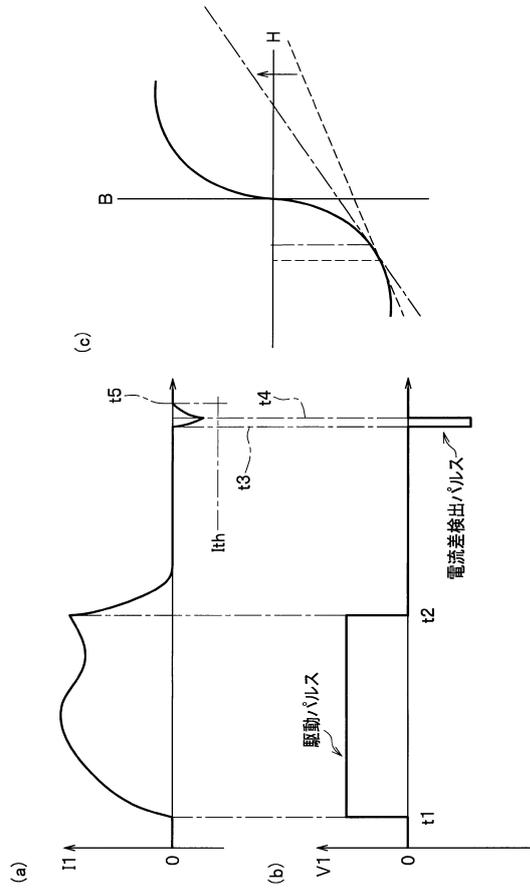
【図4】



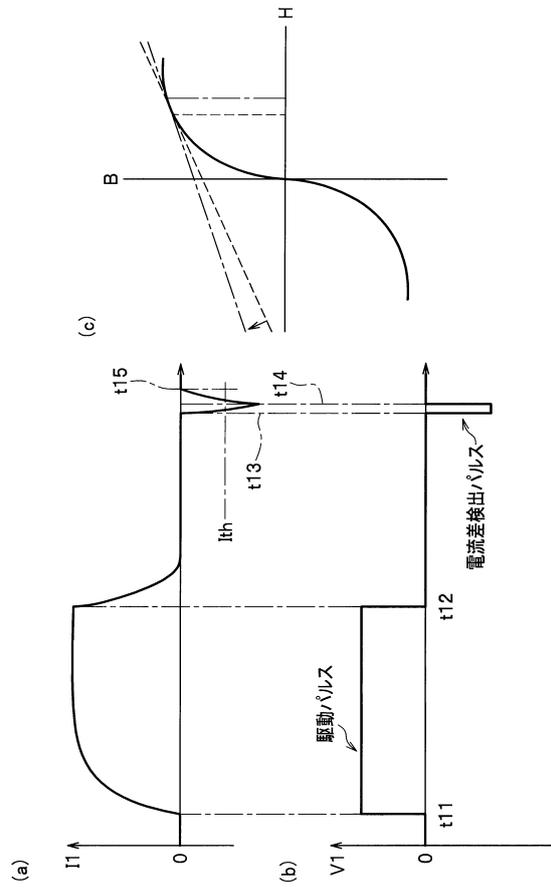
【図5】



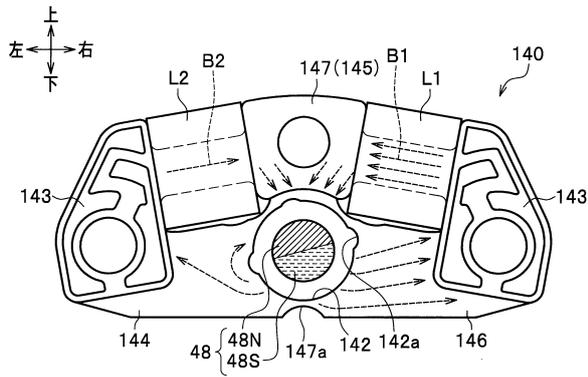
【図6】



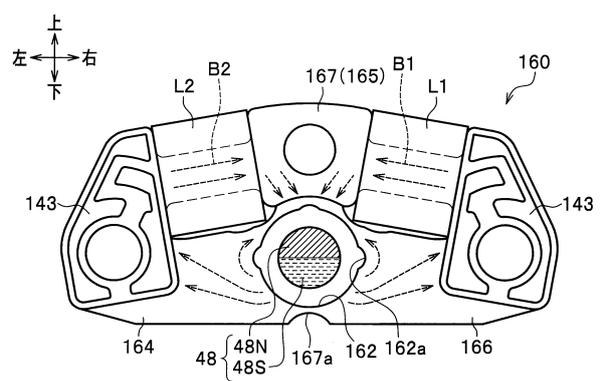
【図7】



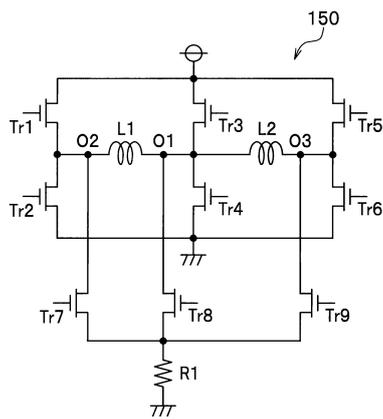
【図8】



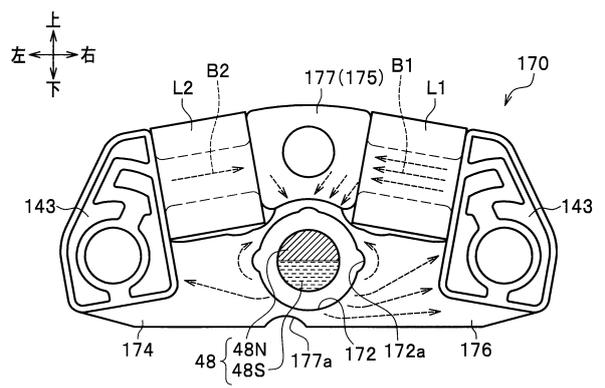
【図10】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭58-032186(JP,A)
特開昭59-015884(JP,A)
米国特許第06025660(US,A)
特開昭54-098671(JP,A)
特開平09-028095(JP,A)
特開2003-259692(JP,A)
特開2016-003877(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G04C 3/14
H02P 8/00 - 8/42