

(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
2019年12月5日(05.12.2019)



(10) 国際公開番号

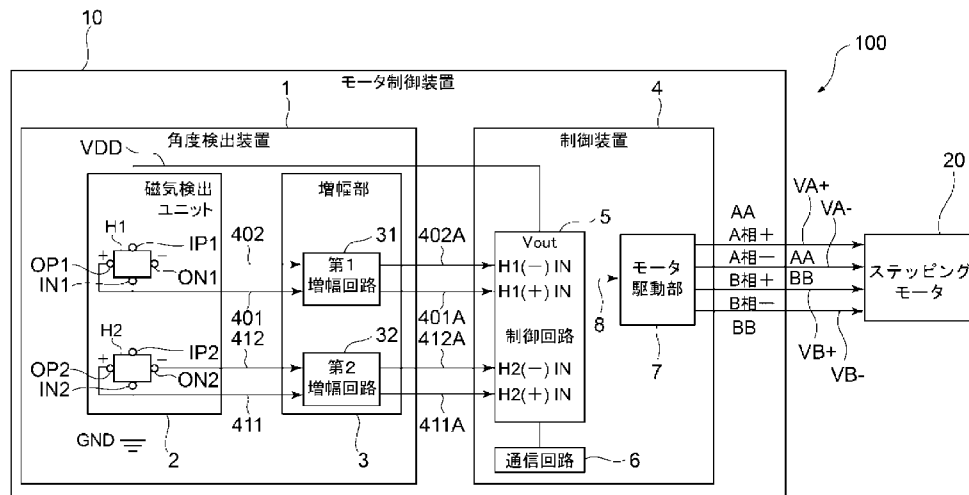
WO 2019/230203 A1

- (51) 国際特許分類:
G01D 5/245 (2006.01) H02P 8/14 (2006.01) 佐久郡御代田町大字御代田 4 1 0 6
- 7 3 Nagano (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/015567 (72) 発明者: 北川 智之 (KITAGAWA Tomoyuki);
〒3890293 長野県北佐久郡御代田町大字御
(22) 国際出願日: 2019年4月10日(10.04.2019) 代田 4 1 0 6 - 7 3 ミネベアミツミ株
式会社内 Nagano (JP). 宮地 茂樹 (MIYAJI
(25) 国際出願の言語: 日本語 Shigeki); 〒3890293 長野県北佐久郡御代田
(26) 国際公開の言語: 日本語 町大字御代田 4 1 0 6 - 7 3 ミネベア
ミツミ株式会社内 Nagano (JP).
- (30) 優先権データ:
特願 2018-105856 2018年6月1日(01.06.2018) JP
特願 2018-105857 2018年6月1日(01.06.2018) JP (74) 代理人: アインゼル・フェリックス＝ラ
インハルト, 外(EINSEL Felix-Reinhard et al.);
〒1000005 東京都千代田区丸の内 1 丁目 6 番 2
号 新丸の内センタービルディング ゾンデルホ
フ&アインゼル法律特許事務所 Tokyo (JP).
- (71) 出願人: ミネベアミツミ株式会社 (MINEBEA
MITSUMI INC.) [JP/JP]; 〒3890293 長野県北

(54) Title: MAGNETISM DETECTION UNIT, ANGLE DETECTION DEVICE, POSITION DETECTION DEVICE, MOTOR CONTROL DEVICE, MOTOR UNIT, AND MOTOR CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 磁気検出ユニット、角度検出装置、位置検出装置、モータ制御装置、モータユニットおよびモータ制御方法

[図1]



- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1 Angle detection device | 10 Motor control device |
| 2 Magnetism detection unit | 20 Stepping motor |
| 3 Amplification unit | 31 First amplification circuit |
| 4 Control device | 32 Second amplification circuit |
| 5 Control circuit | AA A phase |
| 6 Communication circuit | BB B phase |
| 7 Motor drive unit | |

(57) Abstract: Provided is a novel technology for detecting the absolute position of a subject using a Hall effect sensor. A magnetism detection unit (2) has two Hall effect sensors (first Hall effect sensor H1 and second Hall effect sensor H2). The two Hall effect sensors are connected to each other in series at the input side of the respective Hall effect sensors.

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: ホール素子を用いて対象物の絶対的な位置を検出するための新たな技術を提供する。磁気検出ユニット(2)は、2つのホール素子(第1ホール素子H1, 第2ホール素子H2)を備える。2つのホール素子は、夫々のホール素子の入力側において、互いに直列に接続されている。

明 細 書

発明の名称：

磁気検出ユニット、角度検出装置、位置検出装置、モータ制御装置、モータユニットおよびモータ制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、磁気検出ユニット、角度検出装置、位置検出装置、モータ制御装置、モータユニットおよびモータ制御方法に関し、例えば、モータのロータの移動角度を検出するための角度検出装置、当該角度検出装置によって検出した移動角度に基づいてモータを制御するモータ制御装置、リニアモータの出力軸の位置を検出するための位置検出装置、および当該位置検出装置によって検出した位置情報に基づいてモータを制御するモータ制御装置に関する。

背景技術

[0002] 一般的なステッピングモータでは、ロータの相対的な回転角度（移動角度）を検出することは容易である一方で、ロータの絶対的な回転角度、例えば、モータを動作させる前の初期状態における回転角度を検出することは容易ではない。

[0003] 従来、ステッピングモータの絶対的な回転角度を検出するための方法として、ステッピングモータの出力軸にアブソリュート型の角度センサを取り付けることによって、角度検出を行う手法が知られている。例えば、特許文献1には、ステッピングモータのロータの位置を検出するためのアブソリュート型のエンコーダが設けられたモータ制御装置が開示されている。

[0004] また、一般的に、リニアモータ等の出力軸が直線的に移動する直動型モータにおいて、出力軸の絶対的な位置を検出するためには、別途、位置検出用センサを取り付ける必要がある。例えば、特許文献1には、直動型モータの出力軸の位置を検出する位置検出器として、光学式エンコーダが設けられたリニアアクチュエータが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2 0 0 7 - 2 5 2 1 4 1 号公報

特許文献2：特開 2 0 1 2 - 1 7 3 1 6 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] アブソリュート型の角度センサのセンサ方式としては、主に、光学式および磁気式が知られている。また、直動型モータの出力軸の位置を検出する位置検出器のセンサ方式としては、上述した光学式と磁気式が知られている。一般に、光学式の角度センサ（光学式エンコーダ）は、価格が非常に高いという課題がある。

[0007] そこで、本願発明者らは、ステッピングモータに搭載するアブソリュート型の角度センサやリニアモータに搭載する位置検出器として、光学式の角度センサよりも安価な角度センサ、すなわちホール素子を用いた角度センサを採用することを検討した。

[0008] しかしながら、角度センサにホール素子を採用した場合であっても種々の課題がある。例えば、ホール素子は、温度によってホール素子の内部抵抗が変化するため（例えば、 $100\Omega \sim 2000\Omega$ ）、ホール素子の出力信号の電圧が安定しないという課題がある。また、ホール素子は、印加可能な最大入力電流または最大入力電圧が低いという課題がある。例えば、あるホール素子は、 $-40^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ の範囲において、最大で 10mA までしか印加できない。更に、ホール素子は、その出力電圧の幅（出力電圧幅）が微小であるという課題がある。例えば、 $\pm 40\text{mT}$ の磁束を検知した場合、ホール素子の出力電圧幅は $\pm 0.24\text{V}$ である。

[0009] 上述したホール素子の課題を解決するために、ホール素子と、ホール素子の出力信号を増幅する高精度なオペアンプICとを組み合わせた製品が市販されている。しかしながら、このような製品は非常に高価であるとともに、

消費電力が大きいという課題がある。

[0010] 本発明は、上述した課題に鑑みてなされたものであり、ホール素子を用いて対象物の絶対的な位置を検出するための新たな技術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

[0011] 本発明の代表的な実施の形態に係る磁気検出ユニットは、複数のホール素子を備え、前記複数のホール素子は、夫々の前記ホール素子の入力側において、互いに直列に接続されていることを特徴とする。

発明の効果

[0012] 本発明に係る角度検出装置によれば、ホール素子を用いて対象物の絶対的な位置を検出するための新たな技術を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施の形態1に係るモータユニットの構成を示す図である。

[図2]実施の形態1に係る角度検出装置の回路構成を示す図である。

[図3A]実施の形態1における2つのホール素子H1, H2の配置例を示す図である。

[図3B]実施の形態1における2つのホール素子H1, H2の配置例を示す図である。

[図4]実施の形態1に係るモータユニットにおけるモータ制御方法の流れを示すフロー図である。

[図5A]実施の形態1における第1ホール素子H1側の増幅回路の入力信号および出力信号のシミュレーション結果を示す図である。

[図5B]実施の形態1における第2ホール素子H2側の増幅回路の入力信号および出力信号のシミュレーション結果を示す図である。

[図6]実施の形態2に係るモータユニットの構成を示す図である。

[図7]実施の形態2に係る位置検出装置の回路構成を示す図である。

[図8A]実施の形態2における2つのホール素子H1, H2の配置例を示す図である。

[図8B]実施の形態1における2つのホール素子H1, H2の配置例を示す図である。

[図9]実施の形態2に係るモータユニットにおけるモータ制御方法の流れを示すフロー図である。

[図10]実施の形態2における増幅回路の入力信号および出力信号のシミュレーション結果を示す図である。

[図11]別の実施の形態に係る位置検出装置の回路構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 1. 実施の形態の概要

先ず、本願において開示される発明の代表的な実施の形態について概要を説明する。なお、以下の説明では、一例として、発明の構成要素に対応する図面上の参照符号を、括弧を付して記載している。

[0015] [1] 本発明の代表的な実施の形態に係る磁気検出ユニット(2)は、複数のホール素子(H1, H2)を備え、前記複数のホール素子は、夫々の前記ホール素子の入力側において、互いに直列に接続されていることを特徴とする。

[0016] [2] 上記[1]に記載の磁気検出ユニットにおいて、前記複数のホール素子は、第1正側入力端子(IP1)および第1負側入力端子(IN1)と第1正側出力端子(OP1)および第1負側出力端子(ON1)とを有する第1ホール素子(H1)と、第2正側入力端子(IP2)および第2負側入力端子(IN2)と第2正側出力端子(OP2)および第2負側出力端子(ON2)とを有する第2ホール素子(H2)と、を含み、前記第1ホール素子の前記第1正側入力端子に電源電圧(VDD)が印加され、前記第1ホール素子の前記第1負側入力端子と前記第2ホール素子の前記第2正側入力端子とが接続され、前記第2ホール素子の前記第2負側入力端子にグランド電圧(GND)が印加されていてもよい。

[0017] [3] 本発明の代表的な実施の形態に係る角度検出装置(1)は、上記[2]に記載の磁気検出ユニット(2)と、前記ホール素子毎に設けられ、対

応する前記ホール素子の出力信号（４０１，４０２，４１１，４１２）を増幅する複数の増幅回路（３１，３２）とを備えることを特徴とする。

[0018] 〔４〕上記〔３〕に記載の角度検出装置において、前記複数の増幅回路は、前記第１ホール素子における前記第１正側出力端子の電圧と前記第１負側出力端子の電圧との差を増幅する第１増幅回路（３１）と、前記第２ホール素子における前記第２正側出力端子の電圧と前記第２負側出力端子の電圧との差を増幅する第２増幅回路（３２）とを含み、前記第１増幅回路は、Ｐ型のトランジスタ対（Ｑ１１，Ｑ１２）を含む差動入力回路（３１３）を有し、前記第２増幅回路は、Ｎ型のトランジスタ対（Ｑ２１，Ｑ２２）を含む差動入力回路（３２３）を有していてもよい。

[0019] 〔５〕本発明の代表的な実施の形態に係るモータ制御装置は、上記〔３〕または〔４〕に記載の角度検出装置（１）と、前記複数の増幅回路によってそれぞれ増幅された信号（４０１Ａ，４０２Ａ，４１１Ａ，４１２Ａ）に基づいて、モータの駆動を制御するための駆動制御信号（８）を生成する制御装置（４）と、を含むことを特徴とする。

[0020] 〔６〕本発明の代表的な実施の形態に係るモータユニットは、上記〔５〕に記載のモータ制御装置（１０）と、前記制御装置によって生成された前記駆動制御信号に基づいて制御される前記モータ（２０）と、前記モータの出力軸（２１）に設けられた磁石（２２）とを備え、前記複数のホール素子は、前記磁石が回転する方向（Ｒ）に沿って互いに離間して配置されていることを特徴とする。

[0021] 〔７〕上記〔６〕に記載のモータユニットにおいて、前記ホール素子を２つ有し、当該２つの前記ホール素子は、前記磁石が回転する方向に沿って位相が９０度ずつずれるように配置されていてもよい。

[0022] 〔８〕本発明の代表的な実施の形態に係る位置検出装置（１Ａ／１Ｂ）は、上記〔２〕に記載の磁気検出ユニット（２）と、前記複数のホール素子のうちの１つのホール素子（Ｈ２／Ｈ１）の出力信号（４１１，４１２／４０１，４０２）を増幅する増幅回路（３Ａ／３Ｂ）とを備え、前記複数のホール素

子は、夫々の前記ホール素子の入力側において、互いに直列に接続されていることを特徴とする。

[0023] 〔 9 〕 上記〔 8 〕に記載の位置検出装置において、前記増幅回路は、前記第 2 ホール素子における前記第 2 正側出力端子の電圧と前記第 2 負側出力端子の電圧との差を増幅し、前記増幅回路は、N 型のトランジスタ対（Q 2 1，Q 2 2）を含む差動入力回路（3 2 3）を有していてもよい。

[0024] 〔 1 0 〕 本発明の代表的な実施の形態に係る別のモータ制御装置（1 0 A）は、上記〔 8 〕または〔 9 〕に記載の位置検出装置（1 A）と、前記増幅回路によって増幅された信号に基づいて、モータ（2 0 A）の駆動を制御するための駆動制御信号（8 A）を生成する制御装置（4 A）と、を含むことを特徴とする。

[0025] 〔 1 1 〕 本発明の代表的な実施の形態に係る別のモータユニット（1 0 0 A）は、上記〔 1 0 〕に記載のモータ制御装置（1 0 A）と、前記モータと、磁石（2 2 A）とを備え、前記モータは、出力軸（2 1 A）を有し、前記駆動制御信号に基づいて前記出力軸の軸線（Q）方向への移動が制御される直動型モータであって、前記一つのホール素子および前記磁石の一方が、前記出力軸に固定され、前記一つのホール素子および前記磁石の他方が、前記出力軸と対向する位置に固定されていてもよい。

[0026] 〔 1 2 〕 上記〔 1 1 〕に記載のモータユニットにおいて、前記一つのホール素子は、前記出力軸に固定され、前記磁石は、前記出力軸に対向する位置に固定されていてもよい。

[0027] 〔 1 3 〕 本発明の代表的な実施の形態に係る方法は、モータのロータの回転に応じて回転する磁石の磁束を検出するための複数のホール素子（H 1，H 2）と、前記ホール素子毎に設けられた複数の増幅回路（3 1，3 2）と、モータ（2 0）の駆動を制御するための駆動制御信号（8）を生成する制御装置（4）とを備え、前記複数のホール素子がそれぞれの入力側において互いに直列に接続されているモータ制御装置（1 0）を用いたモータ制御方法であって、前記ホール素子が、検出した磁束に応じて前記出力信号を生成

するステップ（S 2）と、前記複数の増幅回路が、対応する前記ホール素子によって生成された前記出力信号をそれぞれ増幅するステップ（S 3）と、前記制御装置が、夫々の前記増幅回路によって増幅された信号に基づいて前記ロータの回転角度を算出し、算出した回転角度に基づいて前記駆動制御信号を生成して前記モータに供給するステップ（S 4）と、を含むことを特徴とする。

[0028] [14] 本発明の代表的な実施の形態に係る方法は、入力側において互いに直列に接続された複数のホール素子（H 1, H 2）を有する磁気検出ユニット（2）と、増幅回路（3 A）と、磁石（2 2 A）と、出力軸（2 1 A）がその軸線（P）方向に移動可能な直動型モータ（2 0 A）の駆動を制御するための駆動制御信号（8 A）を生成する制御装置（4 A）とを有し、前記複数のホール素子および前記磁石の一方が前記出力軸の移動に応じて移動する位置に設けられ、前記複数のホール素子および前記磁石の他方が前記出力軸に対向する位置に設けられたモータ制御装置（1 0 A）を用いたモータ制御方法であって、前記複数のホール素子のうち一つのホール素子が、検出した磁束に応じた信号（4 1 1, 4 1 2）を生成するステップ（S 2 A）と、前記増幅回路が、前記一つのホール素子（H 2）によって生成された信号（4 1 1, 4 1 2）を増幅するステップ（S 3 A）と、前記制御装置が、前記増幅回路によって増幅された信号に基づいて前記出力軸の位置を算出し、算出した位置に基づいて前記駆動制御信号を生成して前記直動型モータに供給するステップ（S 4 A）とを含むことを特徴とする。

[0029] 2. 実施の形態の具体例

以下、本発明の実施の形態の具体例について図を参照して説明する。なお、以下の説明において、各実施の形態において共通する構成要素には同一の参照符号を付し、繰り返しの説明を省略する。また、図面は模式的なものであり、各要素の寸法の関係、各要素の比率などは、現実と異なる場合があることに留意する必要がある。図面の相互間においても、互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれている場合がある。

[0030] 《実施の形態 1》

 〈モータユニット〉

図 1 は、実施の形態 1 に係るモータユニットの構成を示す図である。

図 1 に示されるように、モータユニット 100 は、モータ 20 と、モータ制御装置 10 とを有する。

[0031] モータ 20 は、例えばステッピングモータである。本実施の形態では、モータ 20 が、A 相と B 相の 2 つの相を有する 2 相ステッピングモータである場合を例にとり、説明する。

[0032] モータ制御装置 10 は、モータ 20 に駆動電力を供給してモータ 20 を駆動させるように構成されている。具体的に、モータ制御装置 10 は、角度検出装置 1 と制御装置 4 とを有する。角度検出装置 1 は、モータ 20 のロータの回転に応じて、ロータの回転位置に対応する信号を生成して出力する装置である。制御装置 4 は、モータ 20 のロータの回転に応じて角度検出装置 1 から出力される信号に基づいて、モータ 20 に駆動信号を印加することで、モータ 20 を回転させる。

[0033] 〈制御装置〉

制御装置 4 は、モータ 20 を駆動させるモータ駆動部 7 と、モータ 20 の駆動を制御する制御回路 5 と、外部装置（図示せず）との間で通信を行うための通信回路 6 とを有している。なお、図 1 に示されている制御装置 4 の構成要素は、全体の一部であり、制御装置 4 は、図 1 に示されたものに加えて、他の構成要素を有していてもよい。

[0034] モータ駆動部 7 は、制御回路 5 から出力された駆動制御信号 8 に基づいて、モータ 20 を構成する各相のコイルを駆動するための駆動信号（駆動電圧） V_{A+} 、 V_{A-} 、 V_{B+} 、 V_{B-} を生成し、モータ 20 の各相に供給する。

[0035] 制御回路 5 は、例えば、MCU（Microprogram Control Unit）や DSP（Digital Signal Processor）等のプログラム処理装置によって構成されている。なお、制御回路

5は、その全体が1つの集積回路装置としてパッケージ化されていてもよいし、他の装置と一緒に制御回路5の全部又は一部がパッケージ化されて1つの集積回路装置が構成されていてもよい。

[0036] 制御回路5は、通信回路6等を経由して外部装置（ユーザ）から設定される指令回転角度信号（目標回転角度に応じた信号）と、後述する角度検出装置1から出力されるモータ20の回転角度を示す信号401A、402A、411A、412Aとに基づいて駆動制御信号8を生成し、生成された駆動制御信号8をモータ駆動部7に供給する。すなわち、制御回路5は、目標回転角度と、モータ20の回転角度の実測値との比較でフィードバックをかけながら、モータ20を駆動させるための駆動制御信号8を生成してモータ駆動部7に供給することにより、モータ20の回転制御を行う。

[0037] また、制御回路5は、周辺回路の電源電圧として利用可能な固定電圧を出力する機能を有している。制御回路5は、例えば3.3Vの電源電圧が供給されて動作するとともに、入力された電源電圧を角度検出装置1の電源電圧VDDとして、例えば、3.3Vの固定電圧を出力する。

[0038] 〈角度検出装置〉

角度検出装置1は、磁気検出素子としての複数のホール素子が、それぞれのホール素子の入力側において互いに直列に接続された構成を有している。角度検出装置1は、複数のホール素子の検出信号に基づいてモータ20のロータの絶対的な回転角度を検出可能なアブソリュート型の角度センサである。

[0039] 図2は、実施の形態1に係る角度検出装置1の回路構成を示す図である。

図2に示すように、角度検出装置1は、磁気検出ユニット2と増幅部3とを有する。

[0040] （1）磁気検出ユニット

磁気検出ユニット2は、モータ20のロータの位置を検出するための複数のホール素子を有する。本実施の形態では、一例として、磁気検出ユニット2が2つのホール素子H1、H2を有し、第1ホール素子H1と第2ホール

素子H 2 とが同一の特性を有するものとして、説明する。

[0041] 各ホール素子H 1, H 2 は、図2に示すような4つの内部抵抗 $r_1 \sim r_4$ から成るブリッジ回路で等価的に表すことができる。第1ホール素子H 1 において、各内部抵抗 $r_1 \sim r_4$ が互いに接続される4つのノードがそれぞれ、第1正側入力端子I P 1、第1負側入力端子I N 1、第1正側出力端子O P 1、および第1負側出力端子O N 1となる。同様に、第2ホール素子H 2 において、各内部抵抗 $r_1 \sim r_4$ が互いに接続される4つのノードがそれぞれ、第2正側入力端子I P 2、第2負側入力端子I N 2、第2正側出力端子O P 2、および第2負側出力端子O N 2となる。

[0042] 磁気検出ユニット2において、複数のホール素子は、それぞれのホール素子の入力側において互いに直列に接続されている。具体的に、第1ホール素子H 1 と第2ホール素子H 2 とは、それぞれの入力側において、電源電圧V D Dとグランド電圧G N Dとの間に互いに直列に接続されている。

[0043] より具体的には、図2に示すように、第1ホール素子H 1 の第1正側入力端子I P 1に電源電圧V D Dが印加されるとともに、第1ホール素子H 1 の第1負側入力端子I N 1と第2ホール素子H 2 の第2正側入力端子I P 2とが接続され、第2ホール素子H 2 の第2負側入力端子I N 2にグランド電圧G N Dが印加される。

[0044] 図3 A, 図3 Bは、実施の形態1における2つのホール素子H 1, H 2 の配置例を示す図である。

図3 Aには、モータユニット100において、モータ20の出力軸21の軸線Pに垂直な方向から見たときの2つのホール素子H 1, H 2 の配置例が示されている。図3 Bには、モータユニット100において、モータ20の出力軸21の軸線方向から見た2つのホール素子H 1, H 2 の配置例が示されている。

[0045] 図3 A, 3 Bに示すように、モータユニット100において、モータ20のロータ（図示せず）と連結された出力軸21にセンサマグネット（磁石）22が設けられている。センサマグネット22は、例えば、円板状の2極の

永久磁石である。

[0046] センサマグネット22は、例えば、本実施形態のように、主面220と主面220に背向する裏面221とを有する。更に、センサマグネット22は、主面220と裏面221とを貫通する貫通孔222を有する。センサマグネット22は、貫通孔222に出力軸21が貫通した状態で、出力軸21に固定されている。センサマグネット22は、モータ20のロータ（出力軸21）の回転により、例えば参照符号Rの方向に回転する。

[0047] 2つのホール素子H1, H2は、センサマグネット22の近傍において、センサマグネット22の磁束を精度良く検出可能な位置に設けられている。具体的には、図3A, 3Bに示すように、2つのホール素子H1, H2は、センサマグネット22が回転する方向（出力軸21の回転方向）Rに沿って互いに離間して配置されている。例えば、2つのホール素子H1, H2は、センサマグネット22の側面223に対面し、センサマグネット22が回転する方向Rに位相が90度ずれた位置にそれぞれ設けられている。

[0048] 2つのホール素子H1, H2は、モータ20の出力軸21の回転によるセンサマグネット22の磁束を検出し、出力信号として、磁束の変化に応じて電圧が変化するアナログ信号（以下、「ホール信号」とも称する。）を出力する。

例えば、出力軸21が一定の速度で回転したとき、第1ホール素子H1は、第1正側出力端子OP1から正弦波状のホール信号401を出力するとともに、第1負側出力端子ON1から、ホール信号401と極性の異なる正弦波状のホール信号402を出力する。同様に、第2ホール素子H2は、第2正側出力端子OP2から正弦波状のホール信号411を出力するとともに、第2負側出力端子ON2から、ホール信号411と極性の異なる正弦波状のホール信号412を出力する。

[0049] 図3A, 3Bに示すように、第1ホール素子H1と第2ホール素子H2とをセンサマグネット22が回転する方向Rに互いに位相を90度ずらして配置することにより、第1ホール素子H1から出力される信号対（ホール信号

401, 402)と第2ホール素子H2から出力される信号対(ホール信号411, 412)とは、位相が90度ずれた関係となる。この互いに位相が異なるホール信号401, 402およびホール信号411, 412を用いることにより、制御回路5は、モータ20のロータの絶対的な回転角度を算出することが可能となる。

[0050] (2) 増幅部

図2に示すように、増幅部3は、2つのホール素子H1, H2から出力されたホール信号をそれぞれ増幅して出力する機能部である。増幅部3は、2つのホール素子H1, H2毎に設けられ、対応するホール素子H1, H2から出力されたホール信号を増幅する第1増幅回路31, 第2増幅回路32を有する。

[0051] 第1増幅回路31は、第1ホール素子H1のホール信号401, 402をそれぞれ増幅する回路である。具体的に、第1増幅回路31は、定電流源回路312と差動増幅回路311とを有する。

[0052] 定電流源回路312は、定電流を発生して、差動増幅回路311に供給する回路である。定電流源回路312は、例えば、P型のトランジスタQ13, Q14と抵抗R15とを含む。

[0053] ここで、P型のトランジスタとは、所定の導電型のトランジスタであり、例えば、PNP接合のバイポーラトランジスタや、Pチャネル型の電界効果トランジスタ(例えば、Pチャネル型のMOSトランジスタ)等である。

[0054] 例えば、P型のトランジスタQ13, Q14は、PNP型のバイポーラトランジスタである。トランジスタQ13とトランジスタQ14とはカレントミラー回路を構成している。

[0055] 定電流源回路312において、トランジスタQ13のベース電極とコレクタ電極とが共通に接続され、トランジスタQ13のエミッタ電極は、電源電圧VDDが供給される。ここで、電源電圧VDDは、上述したように制御回路5から出力された電圧である。

[0056] 抵抗R15の一端は、トランジスタQ13のベース電極およびコレクタ電

極に接続され、抵抗 R 1 5 の他端は、グランド電圧 GND が供給される。トランジスタ Q 1 4 のエミッタ電極は、電源電圧 VDD が供給される。トランジスタ Q 1 4 のベース電極は抵抗 R 1 5 の一端にトランジスタ Q 1 3 のベース電極およびコレクタ電極とともに接続され、トランジスタ Q 1 4 のコレクタ電極は、後述する差動入力回路 3 1 3 を構成する抵抗 R 1 2 と抵抗 R 1 4 とが互いに接続されるノードに接続される。

[0057] 上述した構成を有する定電流源回路 3 1 2 によれば、トランジスタ Q 1 3 のベース・エミッタ間電圧を V_{BE13} としたとき、 $I_p = (V_{DD} - V_{BE13}) / R_{15}$ の電流 I_p がトランジスタ Q 1 3 から出力され、その電流 I_p をコピーした電流がトランジスタ Q 1 4 から差動増幅回路 3 1 1 に供給される。

[0058] 差動増幅回路 3 1 1 は、第 1 ホール素子 H 1 の第 1 正側出力端子 OP 1 から出力されたホール信号 4 0 1 と、第 1 ホール素子 H 1 の第 1 負側出力端子 ON 1 から出力されたホール信号 4 0 2 との差を増幅する回路である。

[0059] 差動増幅回路 3 1 1 は、差動入力回路 3 1 3 と、抵抗 R 1 1 ~ R 1 4 とを含む。

差動入力回路 3 1 3 は、例えば、P 型（第 1 導電型）のトランジスタ対を含む。例えば、差動入力回路 3 1 3 は、互いに特性が等しくなるように構成されたトランジスタ対として、PNP 接合のトランジスタ（バイポーラトランジスタ）Q 1 1, Q 1 2 を有している。

[0060] トランジスタ Q 1 1 のベース電極は、第 1 ホール素子 H 1 の第 1 負側出力端子 ON 1 と接続され、トランジスタ Q 1 2 のベース電極は、第 1 ホール素子 H 1 の第 1 正側出力端子 OP 1 と接続される。

[0061] 抵抗 R 1 1 の一端は、トランジスタ Q 1 1 のコレクタ電極に接続され、抵抗 R 1 1 の他端は、グランド電圧 GND が供給される。抵抗 R 1 3 の一端は、トランジスタ Q 1 2 のコレクタ電極に接続され、抵抗 R 1 3 の他端は、グランド電圧 GND が供給される。

[0062] 抵抗 R 1 2 の一端は、トランジスタ Q 1 1 のエミッタ電極に接続される。

抵抗 R_{14} の一端は、トランジスタ Q_{12} のエミッタ電極に接続される。抵抗 R_{12} の他端は、抵抗 R_{14} の他端とトランジスタ Q_{14} のコレクタ電極とに接続される。

[0063] 上述した構成を有する差動増幅回路 311 によれば、抵抗 R_{11} の一端とトランジスタ Q_{11} のコレクタ電極とが接続されるノード N_{p1} から、ホール信号 401 とホール信号 402 との差を増幅した正極性の増幅信号 401A が出力される。また、抵抗 R_{13} の一端とトランジスタ Q_{12} のコレクタ電極とが接続されるノード N_{n1} から、ホール信号 401 とホール信号 402 との差を増幅した負極性の増幅信号 402A が出力される。

[0064] 第2増幅回路 32 は、第2ホール素子 H_2 のホール信号 411, 412 をそれぞれ増幅する回路である。具体的に、第2増幅回路 32 は、定電流源回路 322 と差動増幅回路 321 とを有する。

[0065] 定電流源回路 322 は、定電流を発生して、差動増幅回路 321 に供給する回路である。定電流源回路 322 は、例えば、N型のトランジスタ Q_{23} , Q_{24} と抵抗 R_{25} とを含む。

[0066] ここで、N型のトランジスタとは、P型のトランジスタとは反対の導電型のトランジスタであり、例えば、NPN接合のバイポーラトランジスタや、Nチャネル型の電界効果トランジスタ（例えば、Nチャネル型のMOSトランジスタ）等である。

[0067] 例えば、N型のトランジスタ Q_{23} , Q_{24} は、NPN型のバイポーラトランジスタである。トランジスタ Q_{23} とトランジスタ Q_{24} とはカレントミラー回路を構成している。

[0068] 定電流源回路 322 において、トランジスタ Q_{23} のベース電極とコレクタ電極とが共通に接続され、トランジスタ Q_{23} のエミッタ電極は、グランド電圧 GND が供給される。

[0069] 抵抗 R_{25} の一端は、トランジスタ Q_{23} のベース電極およびコレクタ電極に接続され、抵抗 R_{25} の他端は、電源電圧 VDD が供給される。トランジスタ Q_{24} のエミッタ電極は、グランド電圧 GND が供給される。トラン

ジスタQ24のベース電極は抵抗R25の一端にトランジスタQ23のベース電極およびコレクタ電極とともに接続され、トランジスタQ24のコレクタ電極は、後述する差動入力回路323を構成する抵抗R22と抵抗R24とが互いに接続されるノードに接続される。

[0070] 上述した構成を有する定電流源回路322によれば、トランジスタQ23のベース・エミッタ間電圧を V_{BE23} としたとき、電流 $I_n = (V_{DD} - V_{BE23}) / R_{25}$ がトランジスタQ23から出力され、その電流 I_n をコピーした電流がトランジスタQ24から差動増幅回路321に供給される。

[0071] 差動増幅回路321は、第2ホール素子H2の第2正側出力端子OP2から出力されたホール信号411と、第2ホール素子H2の第2負側出力端子ON2から出力されたホール信号412との差を増幅して出力する回路である。

[0072] 差動増幅回路321は、差動入力回路323と、抵抗R21～R24とを含む。差動入力回路323は、例えば、N型（第2導電型）のトランジスタ対を含む。例えば、差動入力回路323は、互いに特性が等しくなるように構成されたトランジスタ対として、NPN接合のバイポーラトランジスタQ21、Q22を有している。

[0073] トランジスタQ21のベース電極は、第2ホール素子H2の第2負側出力端子ON2と接続され、トランジスタQ22のベース電極は、第2ホール素子H2の第2正側出力端子OP2と接続される。

[0074] 抵抗R21の一端は、トランジスタQ21のコレクタ電極に接続され、抵抗R21の他端は、電源電圧 V_{DD} が供給される。抵抗R23の一端は、トランジスタQ22のコレクタ電極に接続され、抵抗R23の他端は、電源電圧 V_{DD} が供給される。抵抗R22の一端は、トランジスタQ21のエミッタ電極に接続される。抵抗R24の一端は、トランジスタQ22のエミッタ電極に接続される。抵抗R22の他端は、抵抗R24の他端とトランジスタQ24のコレクタ電極とに接続される。

[0075] 上述した構成を有する差動増幅回路321によれば、抵抗R21の一端とトランジスタQ21のコレクタ電極とが接続されるノードNp2から、ホール信号411とホール信号412との差を増幅した正極性の増幅信号411Aが出力される。また、抵抗R23の一端とトランジスタQ22のコレクタ電極とが接続されるノードNn2から、ホール信号411とホール信号412との差を増幅した負極性の増幅信号412Aが出力される。

[0076] このように、各ホール素子H1、H2のホール信号401、402、411、412は、増幅部3によって増幅され、増幅信号401A、402A、411A、412Aとして制御回路5に入力される。

[0077] 制御回路5は、入力された増幅信号401A、402A、411A、412Aに基づいて、モータ20のロータの回転角度の実測値を算出する。上述したように、増幅信号401A、402A、411A、412A（ホール信号401、402、411、412）は、センサマグネット22の回転方向Rに互いに異なる位置に配置された2つのホール素子H1、H2によって検出された磁束に基づく信号である。したがって、互いに位相の異なる2つの増幅信号401A、402Aおよび増幅信号411A、412Aを用いることにより、制御回路5は、モータ20のロータの絶対的な回転角度を算出することが可能となる。

[0078] なお、互いに位相の異なる2つの信号からロータの絶対的な回転角度を算出する方法は、アブソリュート型のロータリエンコーダ等に適用されている公知の計算方法を用いることができる。例えば、その計算方法に関するプログラムを制御回路5内の記憶部に記憶しておき、制御回路5が、そのプログラムと増幅信号401A、402A、411A、412Aとに基づいて、モータ20のロータの絶対的な回転角度を算出すればよい。

[0079] 〈モータ制御方法〉

次に、モータユニット100におけるモータ20の制御方法について説明する。

図4は、実施の形態1に係るモータユニット100におけるモータ制御方

法の流れを示すフロー図である。

- [0080] まず、モータユニット100に電源電圧が供給されると、モータユニット100が起動する（ステップS1）。次に、角度検出装置1の磁気検出ユニット2を構成する各ホール素子H1、H2がモータ20の出力軸21に固定されたセンサマグネット22の磁束を検出し、検出した磁束に応じたホール信号401、402、411、412を生成する（ステップS2）。
- [0081] 次に、角度検出装置1の第1増幅回路31、第2増幅回路32が、それぞれに対応する第1ホール素子H1、第2ホール素子H2から出力されたホール信号401、402、411、412をそれぞれ増幅して、増幅信号401A、402A、411A、412Aを生成する（ステップS3）。
- [0082] 次に、制御装置4が、角度検出装置1から出力された増幅信号401A、402A、411A、412Aに基づいて、モータ20を駆動するための駆動信号を生成するための処理を実行する（ステップS4）。
- [0083] 具体的には、まず、制御装置4の制御回路5が、各ホール素子H1、H2のホール信号を増幅した増幅信号401A、402A、411A、412Aを読み取る（ステップS41）。例えば、制御回路5が、制御回路5の内部に設けられたアナログ／デジタル変換回路（図示せず）により、アナログ信号である増幅信号401A、402A、411A、412Aをデジタル信号に変換して、制御回路5の内部に設けられた記憶部（図示せず）に記憶する。
- [0084] 次に、制御回路5が、読み取った増幅信号401A、402A、411A、412Aに基づいて、モータ20のロータの回転角度の実測値を算出する（ステップS42）。このとき、第1ホール素子H1と第2ホール素子H2とは、上述したように、センサマグネット22の回転方向Rに互いにずれた位置（例えば、位相が90度ずれた位置）に設けられているので、2つのホール素子H1、H2のホール信号に基づく増幅信号401A、402A、411A、412Aを用いることにより、ロータの絶対的な回転角度を算出することが可能となる。

[0085] 次に、制御回路 5 が、通信回路 6 等を経由して外部装置から設定された目標回転角度と、ステップ S 4 2 で算出したモータ 2 0 のロータの回転角度の実測値とを比較する（ステップ S 4 3）。ステップ S 4 3 において、目標回転角度と回転角度の実測値との差がある場合には、制御回路 5 は、その差が小さくなるような駆動制御信号 8 を生成する（ステップ S 4 4）。

[0086] 次に、モータ駆動部 7 は、ステップ S 4 4 において生成された駆動制御信号 8 に基づいて、駆動信号（駆動電圧） V_{A+} 、 V_{A-} 、 V_{B+} 、 V_{B-} を生成し、モータ 2 0 の各相に供給してモータ 2 0 を回転させる（ステップ S 5）。これにより、モータ 2 0 は、目標回転角度となるよう制御される。

[0087] 〈角度検出装置の効果〉

図 5 A、図 5 B は、実施の形態 1 に係る角度検出装置 1 における第 1 増幅回路 3 1、第 2 増幅回路 3 2 の入力信号および出力信号のシミュレーション結果を示す図である。このシミュレーションでは、電源電圧 $V_{DD} = 3.3$ V、グランド電圧 $GND = 0$ V としている。

[0088] 図 5 A、5 B において、横軸はロータの回転角度 [deg] を表し、縦軸は電圧 [V] を表している。また、図 5 A には、第 1 増幅回路 3 1 の入力信号としての第 1 ホール素子 H 1 のホール信号 4 0 1、4 0 2 と、第 1 増幅回路 3 1 の出力信号としての増幅信号 4 0 1 A、4 0 2 A とが示されている。図 5 B には、第 2 増幅回路 3 2 の入力信号としての第 2 ホール素子 H 2 のホール信号 4 1 1、4 1 2 と、第 2 増幅回路 3 2 の出力信号としての増幅信号 4 1 1 A、4 1 2 A とが示されている。

[0089] 一般に、ホール素子は、検出される磁束がゼロであるとき、すなわちホール素子を構成する各内部抵抗 $r_1 \sim r_4$ が平衡状態（互いに等しい抵抗値）であるとき、正側出力のホール信号と負側出力のホール信号とは同電圧となる。そのため、ホール素子から出力されるホール信号は、内部抵抗 $r_1 \sim r_4$ が平衡状態にあるときの電圧を基準とし、その基準電圧を中心に、検出した磁束に応じて例えば ± 0.1 V $\sim$ ± 0.5 V の範囲で電圧が変化するアナログ信号となる。

[0090] 実施の形態1に係る角度検出装置1では、上述したように、磁気検出ユニット2において第1ホール素子H1と第2ホール素子H2とが、それぞれの入力側において、電源電圧VDDとグランド電圧GNDとの間で互いに直列に接続されている。そのため、ホール信号の基準電圧は、各ホール素子H1, H2の内部抵抗 $r_1 \sim r_4$ の抵抗比に基づいて、電源電圧VDDとグランド電圧GNDとの間の電圧を分圧した電圧となる。すなわち、2つのホール素子H1, H2の各内部抵抗 $r_1 \sim r_4$ が平衡状態にあるとき、第1ホール素子H1のホール信号の基準電圧は" $VDD \times 3/4$ "となり、第2ホール素子H2の基準電圧は、" $VDD \times 1/4$ "となる。

[0091] 例えば、図5Aに示すように、電源電圧VDD=3.3V、グランド電圧GND=0Vとしたとき、第1ホール素子H1の基準電圧は、2.475V ($= 3.3 \times 3/4$)となり、第1ホール素子H1のホール信号401, 402は、2.475Vを中心に最大約 ± 0.24 V変化する波形となる。同様に、図5Bに示すように、第2ホール素子H2の基準電圧は0.825V ($= 3.3 \times 1/4$)となり、第2ホール素子H2のホール信号411, 412は、0.825Vを中心に最大約 ± 0.24 V変化する波形となる。

[0092] 一方、第1ホール素子H1のホール信号401, 402が入力される第1増幅回路31は、PNP型のトランジスタQ11, Q12から成る差動入力回路313を有しているので、適切な電圧範囲の信号が入力されないと、適切な増幅動作を行わない。例えば、トランジスタQ11, Q12を適切に動作させるためには、トランジスタQ11, Q12のPN接合部の飽和電圧をVBE10 ($\cong 0.6$ V)としたとき、" $VDD - VBE10$ ($\cong 3.3 - 0.6 = 2.7$ V)"以下の電圧をトランジスタQ11, Q12のベース電極に入力する必要がある。その一方で、トランジスタQ11, Q12のベース電極にグランド電圧GND付近の小さな電圧を入力した場合、第1増幅回路31の出力電圧が飽和してしまう。

[0093] 同様に、第2ホール素子H2のホール信号411, 412が入力される第2増幅回路32は、NPN型のトランジスタQ21, Q22から成る差動入

力回路 3 2 3 を有しているので、適切な電圧範囲の信号が入力されないと、適切な増幅動作を行わない。例えば、トランジスタ Q 2 1, Q 2 2 を適切に動作させるためには、トランジスタ Q 2 1, Q 2 2 の P N 接合部の飽和電圧を $V_{BE20} (\div 0.6 \text{ V})$ としたとき、" $V_{BE20} (\div 0.6 \text{ V})$ " 以上の電圧をトランジスタ Q 2 1, Q 2 2 のベース電極に入力する必要がある。その一方で、トランジスタ Q 2 1, Q 2 2 のベース電極に電源電圧 V_{DD} 付近の大きな電圧を入力した場合、第 2 増幅回路 3 2 の出力電圧は飽和してしまう。

[0094] このように第 1 ホール素子 H 1, 第 2 ホール素子 H 2 からの出力信号を増幅する第 1 増幅回路 3 1, 第 2 増幅回路 3 2 には入力電圧範囲に制限があるが、本実施の形態に係る角度検出装置 1 では、第 1 ホール素子 H 1 と第 2 ホール素子 H 2 とが電源電圧 V_{DD} とグランド電圧 GND との間で互いに直列に接続された構成を採用しているので、第 1 増幅回路 3 1, 第 2 増幅回路 3 2 に適切な電圧範囲の信号を入力することが可能となる。

[0095] 例えば、第 1 増幅回路 3 1 の差動入力段を構成するトランジスタ Q 1 1, Q 1 2 のベース電極には、上述したように、 $2.475 \text{ V} (V_{DD} \times 3/4)$ を中心に最大約 $\pm 0.24 \text{ V}$ 変化するホール信号 4 0 1, 4 0 2 が入力される。これにより、第 1 増幅回路 3 1 は適切な増幅動作を行うことができる。例えば、図 5 A に示すように、電源電圧 V_{DD} (3.3 V) とグランド電圧 (0 V) との間で、第 1 ホール素子 H 1 のホール信号 4 0 1, 4 0 2 をリニアに増幅させた増幅信号 4 0 1 A, 4 0 2 A を生成することができる。

[0096] 同様に、第 2 増幅回路 3 2 の差動入力段を構成するトランジスタ Q 2 1, Q 2 2 のベース電極には、上述したように、 $0.825 \text{ V} (V_{DD} \times 1/4)$ を中心に最大約 $\pm 0.24 \text{ V}$ 変化するホール信号 4 1 1, 4 1 2 が入力される。これにより、第 2 増幅回路 3 2 は適切な増幅動作を行うことができる。例えば、図 5 B に示すように、電源電圧 V_{DD} (3.3 V) とグランド電圧 (0 V) との間で、第 2 ホール素子 H 2 のホール信号 4 1 1, 4 1 2 をリニアに増幅させた増幅信号 4 1 1 A, 4 1 2 A を生成することができる。

[0097] また、このように、第1増幅回路31、第2増幅回路32の差動入力回路313、323のトランジスタQ11、Q12、Q21、Q22のベース電極には、トランジスタが開放される範囲内で極力小さく抑えた電圧が印加されるので、差動入力回路313、323に適切な大きさの電流を流すことができる。これにより、第1増幅回路31、第2増幅回路32の消費電力を抑えることが可能となる。

[0098] また、第1ホール素子H1と第2ホール素子H2とが直列に接続された構成を採用することにより、温度の変化による、ホール信号401、402、411、412の電圧変動を抑えることが可能となる。すなわち、温度の変化により、2つのホール素子H1、H2の各内部抵抗 $r1 \sim r4$ の抵抗値（絶対値）は変化するが、2つのホール素子H1、H2の内部抵抗 $r1 \sim r4$ の抵抗値は温度に対して同様に変化するため、第1ホール素子H1および第2ホール素子H2の内部抵抗 $r1 \sim r4$ の抵抗比は変化しない。したがって、電源電圧VDDとグランド電圧GNDとの間の電圧を内部抵抗 $r1 \sim r4$ の抵抗比に基づいて分圧して生成されるホール信号401、402、411、412は、温度に対して変動し難くなる。これにより、温度に対する安定性の高いホール信号を生成することが可能となる。

[0099] また、第1ホール素子H1と第2ホール素子H2とが直列に接続された構成を採用することにより、個々のホール素子H1、H2に印加される入力電圧および入力電流を小さくすることができる。例えば、制御回路5を構成しているMPU等の動作電源（例えば3.3V）と同じ電源を磁気検出ユニット2に供給する場合、各ホール素子H1、H2には、MPU等の動作電源の半分の電圧が印加される。そのため、仕様により3.3Vの入力電圧を印加することができないホール素子であっても、角度検出装置1の2つのホール素子H1、H2として採用することが可能となる。

[0100] また、第1ホール素子H1の内部抵抗 $r1 \sim r4$ から成るブリッジ回路と第2ホール素子H2の内部抵抗 $r1 \sim r4$ から成るブリッジ回路とが電源電圧VDDとグランド電圧GNDとの間に直列に接続されるので、各ホール素

子H 1, H 2の入力電流を小さくすることが可能となる。なお、入力電流を更に制限したい場合には、2つのホール素子H 1, H 2の入力側に直列に別途抵抗を接続してもよい。

[0101] また、2つのホール素子H 1, H 2を直列に接続して各ホール素子H 1, H 2に印加される電圧を電源ーグランド間の電圧よりも下げることにより、角度検出装置1以外の回路の動作電源を磁気検出ユニット2の電源として利用することが可能となる。これにより、2つのホール素子H 1, H 2を駆動するためだけに、別途、電源回路を設ける必要がないので、回路規模の増大を抑えることが可能となる。

[0102] また、本実施の形態に係る角度検出装置1によれば、市販されている高精度なオペアンプICを用いる必要がないので、コストを抑えることが可能となる。例えば、第1増幅回路31, 第2増幅回路32を構成する回路素子としてディスクリート部品を採用することにより、角度検出装置1のコストを抑えることができる。ただし、差動入力段を構成するトランジスタ等、特性の高いペア性が要求される回路素子については、適切な電子部品、たとえば同じ性能を有する複数のトランジスタが一つのパッケージに収められたIC等を用いる方が好ましい。

[0103] 以上説明したように、本実施の形態に係る角度検出装置1によれば、ホール素子を採用した場合の種々の課題を解決し、安価で高精度な磁気式のアブソリュート型の角度センサを提供することが可能となる。

[0104] 《実施の形態2》

〈モータユニット〉

図6は、実施の形態2に係るモータユニットの構成を示す図である。

図6に示されるように、モータユニット100Aは、モータ20Aと、モータ制御装置10Aとを有する。

[0105] モータ20Aは、例えば、直動型モータである。本実施の形態では、モータ20が、A相とB相の2つの相を有する2相リニアステッピングモータである場合を例にとり、説明する。

[0106] モータ制御装置 10A は、モータ 20A に駆動電力を供給してモータ 20A を駆動させるように構成されている。具体的に、モータ制御装置 10A は、位置検出装置 1A と制御装置 4A とを有する。位置検出装置 1A は、モータ 20A の出力軸の移動に応じて、出力軸 21A の位置に対応する信号を生成して出力する装置である。制御装置 4A は、モータ 20A の出力軸 21A の移動に応じて位置検出装置 1A から出力される信号に基づいて、モータ 20A に駆動信号を印加することで、モータ 20A のロータを回転させる。ロータの回転により、出力軸 21A が直動する。

[0107] 〈制御装置〉

制御装置 4A は、モータ 20A を駆動させるモータ駆動部 7A と、モータ 20 の駆動を制御する制御回路 5A と、外部装置（図示せず）との間で通信を行うための通信回路 6 とを有している。なお、図 1 に示されている制御装置 4A の構成要素は、全体の一部であり、制御装置 4A は、図 6 に示されたものに加えて、他の構成要素を有していてもよい。

[0108] モータ駆動部 7A は、制御回路 5A から出力された駆動制御信号 8A に基づいて、モータ 20A を構成する各相のコイルを駆動するための駆動信号（駆動電圧）VA+, VA-, VB+, VB- を生成し、モータ 20A の各相に供給する。

[0109] 制御回路 5A は、例えば、MCU や DSP 等のプログラム処理装置によって構成されている。なお、制御回路 5A は、その全体が 1 つの集積回路装置としてパッケージ化されていてもよいし、他の装置と一緒に制御回路 5A の全部又は一部がパッケージ化されて 1 つの集積回路装置が構成されていてもよい。

[0110] 制御回路 5A は、通信回路 6 等を経由して外部装置（ユーザ）から設定される指令位置信号（出力軸 21A の目標位置を示す信号）と、後述する位置検出装置 1A から出力されるモータ 20A の出力軸 21A の位置を示す信号 411A, 412A とに基づいて駆動制御信号 8A を生成し、生成された駆動制御信号 8A をモータ駆動部 7A に供給する。すなわち、制御回路 5A は

、目標位置と、出力軸 2 1 A の位置の実測値との比較でフィードバックをかけながら、モータ 2 0 A を駆動させるための駆動制御信号 8 A を生成してモータ駆動部 7 A に供給することにより、モータ 2 0 A の回転制御を行う。

[0111] また、制御回路 5 A は、周辺回路の電源電圧として利用可能な固定電圧を出力する機能を有している。制御回路 5 A は、例えば 3. 3 V の電源電圧が供給されて動作するとともに、入力された電源電圧を位置検出装置 1 A の電源電圧 V D D として、例えば、3. 3 V の固定電圧を出力する。

[0112] 〈位置検出装置〉

位置検出装置 1 A は、磁気検出素子としての複数のホール素子が、それぞれのホール素子の入力側において互いに直列に接続された構成を有している。位置検出装置 1 A は、ホール素子の検出信号に基づいてモータ 2 0 A の出力軸 2 1 A の絶対的な位置を検出可能なアブソリュート型のセンサである。

[0113] 図 7 は、位置検出装置 1 A の回路構成を示す図である。

図 7 に示すように、位置検出装置 1 A は、磁気検出ユニット 2 と増幅回路 3 A とを有する。

[0114] 磁気検出ユニット 2 において、2 つのホール素子 H 1, H 2 のうち、第 2 ホール素子 H 2 は、モータ 2 0 A の出力軸 2 1 A の位置検出に用いられる。一方、第 1 ホール素子 H 1 は、出力軸 2 1 A の位置検出に用いられず、第 2 ホール素子 H 2 の特性を補償するためのダミー素子として設けられている。

[0115] 図 8 A, 図 8 B は、2 つのホール素子 H 1, H 2 の配置例を示す図である。

図 8 A には、モータユニット 1 0 0 A において、モータ 2 0 A の出力軸 2 1 A の軸線 Q に垂直な方向から見たときの 2 つのホール素子 H 1, H 2 の配置例が示されている。図 8 B には、モータユニット 1 0 0 A において、モータ 2 0 A の出力軸 2 1 A の軸線 Q 方向から見た 2 つのホール素子 H 1, H 2 の配置例が示されている。

[0116] 図 8 A, 8 B に示すように、モータユニット 1 0 0 A において、モータ 2 0 A はリニアステッピングモータの構成要素として、ステータユニット、ロ

ータユニット、出力軸 2 1 A、ベアリング 2 6、カバー 2 7、およびケース 2 5 等を有している。なお、図 3 A, 3 B には、モータ 2 0 A を構成する一部の構成要素のみを図示している。

[0117] モータ 2 0 A において、ステータユニットおよびロータユニットがケース 2 5 内に收容されている。ステータユニットは、コイル 3 0 およびステータヨーク 3 4 を含んでいる。ロータユニットは、ロータマグネット 2 3 とロータ部材 2 4 を含んでいる。ロータ部材 2 4 には、雌螺子部 3 5 が埋め込まれている。また、雌螺子部 3 5 の内側には、雄螺子部 3 6 が螺合している。出力軸 2 1 は、ケース 2 5 を貫通した状態で配置されている。出力軸 2 1 の一方の端部 2 1 0 側には、駆動対象としてのヘッド 2 9 が固定されている。

[0118] ケース 2 5 内において、ロータ部材 2 4 に形成された雌螺子部 3 5 と雄螺子部 3 6 とが噛み合うことにより、ロータ部材 2 4 と出力軸 2 1 とが連結されている。ロータユニットが回転すると、ロータ部材 2 4 に埋め込まれた雌螺子部 3 5 も回転する。雌螺子部 3 5 が回転すると、雌螺子部 3 5 に噛み合った雄螺子部 3 6 がボールねじを利用した送り機構と同様の原理により、軸方向に移動し、その結果、出力軸 2 1 がその軸線 P 方向に移動する。すなわち、モータ 2 0 では、ロータユニットの回転運動が出力軸 2 1 の直線運動に変換される。

[0119] 図 8 A に示すように、出力軸 2 1 A の他方の端部 2 1 1 側には、2 つのホール素子 H 1, H 2 が固定されている。これにより、出力軸 2 1 A が軸線 Q 方向に移動したとき、2 つのホール素子 H 1, H 2 も軸線 Q 方向に移動する。

[0120] 2 つのホール素子 H 1, H 2 の近傍には、センサマグネット（磁石）2 2 A が設けられている。センサマグネット 2 2 A は、例えば、矩形の板状の 2 極の永久磁石である。

[0121] センサマグネット 2 2 A は、出力軸 2 1 A に対向する位置に固定されている。具体的に、センサマグネット 2 2 A は、出力軸 2 1 A の軸線 Q に垂直な方向において、第 2 ホール素子 H 2 と対向する位置に配置されている。例え

ば、図 8 A、図 8 B に示すように、センサマグネット 2 2 A は、出力軸 2 1 A の端部 2 1 1 側を保持するベアリング 2 6 を収容するカバー 2 7 上に、第 2 ホール素子 H 2 と対向して配置されている。これにより、出力軸 2 1 A が軸線 Q 方向に移動したときに、第 2 ホール素子 H 2 によるセンサマグネット 2 2 A の磁束の検出量が変化する。

[0122] なお、第 2 ホール素子 H 2 およびセンサマグネット 2 2 A は、モータ 2 0 A の回転によって出力軸 2 1 A が移動したときに、第 2 ホール素子 H 2 がセンサマグネット 2 2 A の磁束の変化を精度良く検出可能な位置に設けられていればよく、第 2 ホール素子 H 2 およびセンサマグネット 2 2 A の設置場所は、図 8 A、8 B に示す例に限定されない。

[0123] 第 2 ホール素子 H 2 は、センサマグネット 2 2 A の磁束を検出し、出力信号として、磁束の変化に応じて電圧が変化するアナログ信号（以下、「ホール信号」とも称する。）を出力する。

[0124] 第 1 ホール素子 H 1 は、上述したように、第 2 ホール素子 H 2 の特性を補償するためのダミー素子である。第 1 ホール素子 H 1 は、第 2 ホール素子 H 2 の近傍に配置することが好ましい。すなわち、第 1 ホール素子 H 1 は、第 2 ホール素子 H 2 と同じ温度環境となる場所に配置することが好ましい。例えば、図 8 A、8 B に示すように、例えば、第 1 ホール素子 H 1 と第 2 ホール素子 H 2 とは、出力軸 2 1 A の外周面上において、出力軸 2 1 A の外周方向の位相が 9 0 度（9 0 度以下）ずれるように配置される。

[0125] なお、2 つのホール素子 H 1、H 2 と接続される増幅回路 3 A 等が形成された回路基板等は、図 8 A、8 B に示されるモータ 2 0 A のケース 2 5 内に配置されてもよいし、ケース 2 5 の外部に配置されていてもよい。

[0126] （2）増幅回路

図 7 に示すように、増幅回路 3 A は、第 2 ホール素子 H 2 から出力されたホール信号をそれぞれ増幅して出力する機能部である。

増幅回路 3 A は、第 2 ホール素子 H 2 のホール信号 4 1 1、4 1 2 をそれぞれ増幅する回路である。具体的に、増幅回路 3 A は、定電流源回路 3 2 2

と差動増幅回路 321 とを有する。

[0127] 定電流源回路 322 は、定電流を発生して、差動増幅回路 321 に供給する回路である。定電流源回路 322 は、例えば、N 型のトランジスタ Q23、Q24 と抵抗 R25 とを含む。

[0128] 例えば、N 型のトランジスタ Q23、Q24 は、NPN 型のバイポーラトランジスタである。トランジスタ Q23 とトランジスタ Q24 とはカレントミラー回路を構成している。

[0129] 定電流源回路 322 において、トランジスタ Q23 のベース電極とコレクタ電極とが共通に接続され、トランジスタ Q23 のエミッタ電極は、グランド電圧 GND が供給される。

[0130] 抵抗 R25 の一端は、トランジスタ Q23 のベース電極およびコレクタ電極に接続され、抵抗 R25 の他端は、電源電圧 VDD が供給される。トランジスタ Q24 のエミッタ電極は、グランド電圧 GND が供給される。トランジスタ Q24 のベース電極は抵抗 R25 の一端にトランジスタ Q23 のベース電極およびコレクタ電極とともに接続され、トランジスタ Q24 のコレクタ電極は、後述する差動入力回路 323 を構成する抵抗 R22 と抵抗 R24 とが互いに接続されるノードに接続される。

[0131] 上述した構成を有する定電流源回路 322 によれば、トランジスタ Q23 のベース・エミッタ間電圧を V_{BE23} としたとき、電流 $I_n = (V_{DD} - V_{BE23}) / R_{25}$ がトランジスタ Q23 から出力され、その電流 I_n をコピーした電流がトランジスタ Q24 から差動増幅回路 321 に供給される。

[0132] 差動増幅回路 321 は、第 2 ホール素子 H2 の第 2 正側出力端子 OP2 から出力されたホール信号 411 と、第 2 ホール素子 H2 の第 2 負側出力端子 ON2 から出力されたホール信号 412 との差を増幅して出力する回路である。

[0133] 差動増幅回路 321 は、差動入力回路 323 と、抵抗 R21 ~ R24 とを含む。差動入力回路 323 は、例えば、N 型（第 2 導電型）のトランジスタ

対を含む。例えば、差動入力回路323は、互いに特性が等しくなるように構成されたトランジスタ対として、NPN接合のバイポーラトランジスタQ21、Q22を有している。

[0134] トランジスタQ21のベース電極は、第2ホール素子H2の第2負側出力端子ON2と接続され、トランジスタQ22のベース電極は、第2ホール素子H2の第2正側出力端子OP2と接続される。

[0135] 抵抗R21の一端は、トランジスタQ21のコレクタ電極に接続され、抵抗R21の他端は、電源電圧VDDが供給される。抵抗R23の一端は、トランジスタQ22のコレクタ電極に接続され、抵抗R23の他端は、電源電圧VDDが供給される。抵抗R22の一端は、トランジスタQ21のエミッタ電極に接続される。抵抗R24の一端は、トランジスタQ22のエミッタ電極に接続される。抵抗R22の他端は、抵抗R24の他端とトランジスタQ24のコレクタ電極と接続される。

[0136] 上述した構成を有する差動増幅回路321によれば、抵抗R21の一端とトランジスタQ21のコレクタ電極とが接続されるノードNp2から、ホール信号411とホール信号412との差を増幅した正極性の増幅信号411Aが出力される。また、抵抗R23の一端とトランジスタQ22のコレクタ電極とが接続されるノードNn2から、ホール信号411とホール信号412との差を増幅した負極性の増幅信号412Aが出力される。

[0137] このように、第2ホール素子H2のホール信号411、412は、増幅回路3Aによって増幅され、増幅信号411A、412Aとして制御回路5Aに入力される。

[0138] 制御回路5Aは、入力された増幅信号411A、412Aに基づいて、モータ20Aの出力軸21Aの位置の実測値を算出する。上述したように、増幅信号411A、412A（ホール信号411、412）は、センサマグネット22Aと第2ホール素子H2との位置関係に応じて変化する磁束の大きさを電圧に変換した信号である。したがって、制御回路5Aは、増幅信号411A、412Aの電圧の大きさから、モータ20Aの出力軸21Aの絶対

的な位置を算出することが可能となる。例えば、増幅信号4 1 1 A, 4 1 2 Aの電圧値と出力軸2 1 Aの位置情報との対応関係を表すテーブルや関係式等を制御回路5 A内の記憶部に予め記憶しておき、制御回路5 Aが、記憶部に記憶されたそのテーブルや関係式等と増幅信号4 1 1 A, 4 1 2 Aとに基づいて、モータ2 0 Aの出力軸2 1 Aの絶対的な位置を算出すればよい。

[0139] <モータ制御方法>

次に、実施の形態2に係るモータユニット1 0 0 Aにおけるモータ2 0 Aの制御方法について説明する。

図9は、実施の形態2に係るモータユニット1 0 0 Aにおけるモータ制御方法の流れを示すフロー図である。

[0140] 先ず、モータユニット1 0 0 Aに電源電圧が供給されると、モータユニット1 0 0 Aが起動する（ステップS 1 A）。次に、モータ2 0 Aの出力軸2 1 Aに設けられた第2ホール素子H 2がセンサマグネット2 2 Aの磁束を検出し、検出した磁束に応じたホール信号4 1 1, 4 1 2を生成する（ステップS 2 A）。

[0141] 次に、位置検出装置1 Aの増幅回路3 Aが、第2ホール素子H 2から出力されたホール信号4 1 1, 4 1 2をそれぞれ増幅して、増幅信号4 1 1 A, 4 1 2 Aを生成する（ステップS 3 A）。

[0142] 次に、制御装置4 Aが、位置検出装置1 Aから出力された増幅信号4 1 1 A, 4 1 2 Aに基づいて、モータ2 0 Aを駆動するための駆動信号を生成するための処理を実行する（ステップS 4 A）。

[0143] 具体的には、先ず、制御装置4 Aの制御回路5 Aが、第2ホール素子H 2のホール信号を増幅した増幅信号4 1 1 A, 4 1 2 Aを読み取る（ステップS 4 1 A）。例えば、制御回路5 Aが、制御回路5 Aの内部に設けられたアナログ／デジタル変換回路（図示せず）により、アナログ信号である増幅信号4 1 1 A, 4 1 2 Aをデジタル信号に変換して、制御回路5 Aの内部に設けられた記憶部（図示せず）に記憶する。

[0144] 次に、制御回路5 Aが、読み取った増幅信号4 1 1 A, 4 1 2 Aに基づい

て、モータ20Aの出力軸21Aの位置の実測値を算出する（ステップS42A）。このとき、出力軸21Aに固定された第2ホール素子H2とセンサマグネット22との位置関係に応じて電圧が変化する第2ホール素子H2のホール信号411, 412（増幅信号411A, 412A）を用いることにより、出力軸21Aの絶対的な位置を算出することが可能となる。

[0145] 次に、制御回路5Aが、通信回路6等を経由して外部装置から設定された目標位置と、ステップS42Aで算出したモータ20Aの出力軸21Aの位置の実測値とを比較する（ステップS43A）。ステップS43Aにおいて、目標位置と実測した位置とにずれがある場合には、制御回路5Aは、そのずれ幅が小さくなるような駆動制御信号8Aを生成する（ステップS44A）。

[0146] 次に、モータ駆動部7Aは、ステップS44Aにおいて生成された駆動制御信号8Aに基づいて駆動信号（駆動電圧）VA+, VA-, VB+, VB-を生成し、モータ20Aの各相に供給することにより、モータ20Aを回転させて出力軸21Aを移動させる（ステップS5A）。これにより、モータ20Aは、出力軸21Aが目標位置に到達するように制御される。

[0147] 〈位置検出装置の効果〉

図10は、実施の形態2に係る位置検出装置における増幅回路3Aの入力信号および出力信号のシミュレーション結果を示す図である。このシミュレーションでは、電源電圧VDD=3.3V、グランド電圧GND=0Vとしている。

[0148] 図10において、横軸は、センサマグネット（磁石）22Aの図8Aにおけるx方向の位置を表し、縦軸は電圧〔V〕を表している。また、図10には、モータ20Aの出力軸21Aがセンサマグネット22AのS極側からN極側に移動したときの、増幅回路3Aの入力信号としての第2ホール素子H2のホール信号411, 412と、増幅回路3Aの出力信号としての増幅信号411A, 412Aとが示されている。

[0149] 実施の形態2に係る位置検出装置1Aでは、上述したように、磁気検出ユ

ニット 2 において第 1 ホール素子 H 1 と第 2 ホール素子 H 2 とが、それぞれの入力側において、電源電圧 VDD とグランド電圧 GND との間で互いに直列に接続されている。

そのため、第 2 ホール素子 H 2 のホール信号の基準電圧は、各ホール素子 H 1, H 2 の内部抵抗 $r_1 \sim r_4$ の抵抗比に基づいて、電源電圧 VDD とグランド電圧 GND との間の電圧を分圧した電圧となる。すなわち、第 2 ホール素子 H 2 の各内部抵抗 $r_1 \sim r_4$ が平衡状態にあるとき、第 1 ホール素子 H 1 のホール信号の基準電圧は " $VDD \times 3/4$ " となり、ホール素子 H 2 の基準電圧は、" $VDD \times 1/4$ " となる。

[0150] 例えば、図 10 に示すように、電源電圧 $VDD = 3.3\text{ V}$ 、グランド電圧 $GND = 0\text{ V}$ としたとき、第 2 ホール素子 H 2 の基準電圧は 0.825 V ($= 3.3 \times 1/4$) となり、第 2 ホール素子 H 2 のホール信号 411 , 412 は、 0.825 V を中心に最大約 $\pm 0.24\text{ V}$ 変化する波形となる。

[0151] 一方、第 2 ホール素子 H 2 のホール信号 411 , 412 が入力される増幅回路 3A は、NPN 型のトランジスタ Q21, Q22 から成る差動入力回路 323 を有しているので、適切な電圧範囲の信号が入力されないと、適切な増幅動作を行わない。例えば、トランジスタ Q21, Q22 を適切に動作させるためには、トランジスタ Q21, Q22 の PN 接合部の飽和電圧を V_{BE20} ($\div 0.6\text{ V}$) としたとき、" $V_{BE20} (\div 0.6\text{ V})$ " 以上の電圧をトランジスタ Q21, Q22 のベース電極に入力する必要がある。その一方で、トランジスタ Q21, Q22 のベース電極に電源電圧 VDD 付近の大きな電圧を入力した場合、増幅回路 3A の出力電圧は飽和してしまう。

[0152] このようにホール素子からの出力信号を増幅する増幅回路 3A には入力電圧範囲に制限があるが、実施の形態 2 に係る位置検出装置 1A では、第 1 ホール素子 H 1 と第 2 ホール素子 H 2 とが電源電圧 VDD とグランド電圧 GND との間で互いに直列に接続された構成を採用しているので、増幅回路 3A に適切な電圧範囲の信号を入力することが可能となる。

[0153] 例えば、増幅回路 3A の差動入力回路 323 を構成するトランジスタ Q2

1, Q22のベース電極には、上述したように、 $0.825V (VDD \times 1/4)$ を中心に最大約 $\pm 0.24V$ 変化するホール信号411, 412が入力される。これにより、増幅回路3Aは適切な増幅動作を行うことができる。例えば、図10に示すように、電源電圧VDD (3.3V)とグランド電圧(0V)との間で、第2ホール素子H2のホール信号411, 412をリニアに増幅させた増幅信号411A, 412Aを生成することができる。

[0154] また、このように、増幅回路3Aの差動入力回路323のトランジスタQ21, Q22のベース電極には、トランジスタが開放される範囲内で極力小さく抑えた電圧が印加されるので、差動入力回路323に適切な大きさの電流を流すことができる。これにより、増幅回路3Aの消費電力を抑えることが可能となる。

[0155] また、磁気検出に用いる第2ホール素子H2を単独で用いるのではなく、ダミーのホール素子H1を直列に接続することにより、温度の変化による、第2ホール素子H2のホール信号411, 412の電圧変動を抑えることが可能となる。すなわち、直列に接続された2つのホール素子H1, H2の各内部抵抗 $r1 \sim r4$ の絶対値(抵抗値)は温度に対して変化するが、その変化の傾向は各内部抵抗 $r1 \sim r4$ 間で同様であるため、第1ホール素子H1および第2ホール素子H2の内部抵抗 $r1 \sim r4$ の抵抗比は変化しない。したがって、電源電圧VDDとグランド電圧GNDとの間の電圧を第1ホール素子H1および第2ホール素子H2の内部抵抗 $r1 \sim r4$ の抵抗比に基づいて分圧して生成されるホール信号411, 412は、温度に対して変動し難くなる。これにより、温度に対する安定性の高いホール信号を生成することが可能となる。

[0156] また、第1ホール素子H1と第2ホール素子H2とが直列に接続された構成を採用することにより、個々のホール素子H1, H2に印加される入力電圧および入力電流を小さくすることができる。

例えば、制御回路5Aを構成しているMPU等の動作電源(例えば3.3V)と同じ電源を磁気検出ユニット2に供給する場合、各ホール素子H1,

H 2 には、M P U 等の動作電源の半分の電圧が印加される。そのため、仕様によって 3.3 V の入力電圧を印加することができないホール素子であっても、位置検出装置 1 A のホール素子 H 1, H 2 として採用することが可能となる。また、第 1 ホール素子 H 1 の内部抵抗 $r_1 \sim r_4$ から成るブリッジ回路と第 2 ホール素子 H 2 の内部抵抗 $r_1 \sim r_4$ から成るブリッジ回路とが電源電圧 V D D とグランド電圧 G N D との間に直列に接続されるので、各ホール素子 H 1, H 2 の入力電流を小さくすることが可能となる。

なお、入力電流を更に制限したい場合には、2 つのホール素子 H 1, H 2 の入力側に直列に別途抵抗を接続してもよい。

[0157] また、2 つのホール素子 H 1, H 2 を直列に接続して各ホール素子 H 1, H 2 に印加される電圧を電源－グランド間の電圧よりも下げることににより、上述したように、位置検出装置 1 A 以外の回路の動作電源を磁気検出ユニット 2 の電源として利用することが可能となる。これにより、2 つのホール素子 H 1, H 2 を駆動するためだけに、別途、電源回路を設ける必要がないので、回路規模の増大を抑えることが可能となる。

[0158] また、実施の形態 2 に係る位置検出装置 1 A によれば、市販されている高精度なオペアンプ I C を用いる必要がないので、コストを抑えることが可能となる。例えば、増幅回路 3 A を構成する回路素子としてディスクリート部品を採用することにより、位置検出装置 1 A のコストを抑えることができる。ただし、差動入力段を構成するトランジスタ等、特性の高いペア性が要求される回路素子については、適切な電子部品、たとえば同じ性能を有する複数のトランジスタが一つのパッケージに収められた I C 等を用いる方が好ましい。

[0159] 以上説明したように、実施の形態 2 に係る位置検出装置 1 A によれば、ホール素子を採用した場合の種々の課題を解決し、安価で高精度な新たな磁気式のアブソリュート型の位置検出用センサを提供することが可能となる。

[0160] 《実施の形態の拡張》

以上、本発明者らによってなされた発明を実施の形態に基づいて具体的に

説明したが、本発明はそれに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは言うまでもない。

[0161] 例えば、実施の形態 1 に係るモータユニット 100 において、センサマグネット 22 および 2 つのホール素子 H1, H2 の設置場所は、図 3A, 図 3B に示した位置に限定されない。すなわち、センサマグネット 22 は、モータ 20 のロータの回転によってセンサマグネット 22 の磁束が変化する場所に設置されていればよく、また、2 つのホール素子 H1, H2 は、そのセンサマグネット 22 の磁束の変化を検知できる場所に設置されていればよい。

[0162] また、実施の形態 1 において、モータ 20 が 2 相ステッピングモータである場合を例示したが、例えば、3 相または 5 相のステッピングモータであってもよいし、他の種類のモータ（例えば、ブラシレスモータ等）であってもよい。

[0163] 実施の形態 2 では、2 つのホール素子 H1, H2 のうち第 2 ホール素子 H2 によってセンサマグネット 22 の磁束を検出する場合を例示したが、これに限られず、第 1 ホール素子 H1 によってセンサマグネット 22 A の磁束を検出してもよい。

例えば、図 8A, 8B において、出力軸 21A 上の第 1 ホール素子 H1 と第 2 ホール素子 H2 の位置を入れ替えるとともに、図 11 に示すように、第 1 ホール素子 H1 の第 1 正側出力端子 OP1 から出力されるホール信号と第 1 ホール素子 H1 の第 1 負側出力端子 ON1 から出力されるホール信号を増幅する増幅回路 3B を設ける。この場合、図 11 に示すように、増幅回路 3B は、上述した増幅回路 3A とは逆の極性のトランジスタ、すなわち P 型のトランジスタを用いて構成することが好ましい。

[0164] 例えば、増幅回路 3B において、第 1 ホール素子 H1 から出力される極性の異なるホール信号 401, 402 を受ける差動増幅回路 311 の差動入力回路 313 は、P 型のトランジスタ対 Q11, Q12 によって構成することが好ましい。同様に、定電流源回路 312 は、P 型のトランジスタ対 Q13, Q14 を用いて構成することが好ましい。

- [0165] また、上記実施の形態では、増幅回路 31, 32, 3A, 3B を構成するトランジスタとして、バイポーラトランジスタを採用する場合を例示したが、MOS (Metal-Oxide-Semiconductor) トランジスタ等の他の種類のトランジスタを採用することも可能である。
- [0166] また、上記実施の形態において、増幅回路 31, 32, 3A, 3B は、上述した回路構成に限定されない。増幅回路 31, 32, 3A, 3B は、直列に接続された複数のホール素子から出力された信号をリニアに増幅することができる回路構成であればよい。
- [0167] また、上記実施の形態では、2つのホール素子 H1, H2 が直列に接続される場合を例示したが、必要に応じて3つ以上のホール素子を直列に接続してもよい。
- [0168] また、実施の形態2に係るモータユニット 100A において、センサマグネット 22A および2つのホール素子 H1, H2 の設置場所は、図 8A, 図 8B に示した位置に限定されない。すなわち、第2ホール素子 H2 およびセンサマグネット 22A の一方が、出力軸 21A に固定され、第2ホール素子 H2 およびセンサマグネット 22A の他方が、出力軸 21A の移動に応じて移動しない位置に固定されていればよい。例えば、図 8A, 8B において、2つのホール素子 H1, H2 とセンサマグネット 22A とを入れ替えて配置してもよい。すなわち、2つのホール素子 H1, H2 をカバー 27 上に配置し、センサマグネット 22A を出力軸 21A の端部 211 側に固定してもよい。
- [0169] また、実施の形態2において、モータ 20A が2相リニアステップモータである場合を例示したが、直動型モータであれば種々のモータに適用することができる。例えば、モータ 20A は、3相または5相のリニアステップモータであってもよいし、他の種類のモータ（例えば、ブラシレスモータ等）であってもよい。
- [0170] また、実施の形態2では、位置検出装置 1A をリニアステップモータの出力軸の絶対的な位置を検出するためにモータユニットに適用する場合を

例示したが、適用するアプリケーションはモータに限られない。例えば、位置検出装置 1 A は、軸が直動方向に移動する種々のアプリケーションに適用することが可能である。

[0171] また、上述のフローチャートは、動作を説明するための一例を示すものであって、これに限定されない。すなわち、フローチャートの各図に示したステップは一例であって、このフローに限定されるものではない。例えば、一部の処理の順番が変更されてもよいし、各処理間に他の処理が挿入されてもよいし、一部の処理が並列に行われてもよい。

符号の説明

[0172] 1…角度検出装置、1 A, 1 B…位置検出装置、2…磁気検出ユニット、3…増幅部、3 A, 3 B…増幅回路、4, 4 A…制御装置、5, 5 A…制御回路、6…通信回路、7, 7 A…モータ駆動部、8, 8 A…駆動制御信号、10, 10 A…モータ制御装置、20, 20 A…モータ、21, 21 A…出力軸、22, 22 A…センサマグネット（磁石）、31…第1増幅回路、32…第2増幅回路、100, 100 A…モータユニット、311, 321…差動増幅回路、312, 322…定電流源回路、313, 323…差動入力回路、401, 402, 411, 412…ホール信号、401 A, 402 A, 411 A, 412 A…増幅信号、GND…グラウンド電圧、H1…第1ホール素子、H2…第2ホール素子、IN1…第1負側入力端子、IN2…第2負側入力端子、IP1…第1正側入力端子、IP2…第2正側入力端子、ON1…第1負側出力端子、ON2…第2負側出力端子、OP1…第1正側出力端子、OP2…第2正側出力端子、P…軸線、Q11～Q14, Q21～Q24…トランジスタ、R…回転方向、r1～r4…内部抵抗、R11～R15, R21～R25…抵抗、VDD…電源電圧。

請求の範囲

- [請求項1] 複数のホール素子を備え、
前記複数のホール素子は、夫々の前記ホール素子の入力側において、互いに直列に接続されている
磁気検出ユニット。
- [請求項2] 請求項1に記載の磁気検出ユニットにおいて、
前記複数のホール素子は、
第1正側入力端子および第1負側入力端子と第1正側出力端子および第1負側出力端子とを有する第1ホール素子と、第2正側入力端子および第2負側入力端子と第2正側出力端子および第2負側出力端子とを有する第2ホール素子と、を含み、
前記第1ホール素子の前記第1正側入力端子に電源電圧が印加され、
前記第1ホール素子の前記第1負側入力端子と前記第2ホール素子の前記第2正側入力端子とが接続され、
前記第2ホール素子の前記第2負側入力端子にグランド電圧が印加されている
ことを特徴とする磁気検出ユニット。
- [請求項3] 請求項2に記載の磁気検出ユニットと、
前記ホール素子毎に設けられ、対応する前記ホール素子の出力信号を増幅する複数の増幅回路と、を備える
ことを特徴とする角度検出装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の角度検出装置において、
前記複数の増幅回路は、前記第1ホール素子における前記第1正側出力端子の電圧と前記第1負側出力端子の電圧との差を増幅する第1増幅回路と、前記第2ホール素子における前記第2正側出力端子の電圧と前記第2負側出力端子の電圧との差を増幅する第2増幅回路と、を含み、

前記第 1 増幅回路は、P 型のトランジスタ対を含む差動入力回路を有し、

前記第 2 増幅回路は、N 型のトランジスタ対を含む差動入力回路を有する

ことを特徴とする角度検出装置。

[請求項5]

請求項 3 または 4 に記載の角度検出装置と、

前記複数の増幅回路によってそれぞれ増幅された信号に基づいて、モータの駆動を制御するための駆動制御信号を生成する制御装置と、を含むモータ制御装置。

[請求項6]

請求項 5 に記載のモータ制御装置と、

前記制御装置によって生成された前記駆動制御信号に基づいて制御される前記モータと、

前記モータの出力軸に設けられた磁石と、を備え、

前記複数のホール素子は、前記磁石が回転する方向に沿って互いに離間して配置されている

ことを特徴とするモータユニット。

[請求項7]

請求項 6 に記載のモータユニットにおいて、

前記ホール素子を 2 つ有し、当該 2 つの前記ホール素子は、互いに位相が 90 度ずれるように配置されている

ことを特徴とするモータユニット。

[請求項8]

請求項 2 に記載の磁気検出ユニットと、

前記複数のホール素子のうちの一つのホール素子の出力信号を増幅する増幅回路と、を備える

ことを特徴とする位置検出装置。

[請求項9]

請求項 8 に記載の位置検出装置において、

前記増幅回路は、前記第 2 ホール素子における前記第 2 正側出力端子の電圧と前記第 2 負側出力端子の電圧との差を増幅し、

前記増幅回路は、N 型のトランジスタ対を含む差動入力回路を有す

る

ことを特徴とする位置検出装置。

[請求項10]

請求項 8 または 9 に記載の位置検出装置と、

前記増幅回路によって増幅された信号に基づいて、モータの駆動を制御するための駆動制御信号を生成する制御装置と、

を含むモータ制御装置。

[請求項11]

請求項 1 0 に記載のモータ制御装置と、

前記モータと、

磁石と、を備え、

前記モータは、出力軸を有し、前記駆動制御信号に基づいて前記出力軸の軸線方向への移動が制御される直動型モータであって、

前記一つのホール素子および前記磁石の一方が、前記出力軸に固定され、前記一つのホール素子および前記磁石の他方が、前記出力軸に対向する位置に固定されている

ことを特徴とするモータユニット。

[請求項12]

請求項 1 1 に記載のモータユニットにおいて、

前記一つのホール素子は、前記出力軸に固定され、

前記磁石は、前記出力軸に対向する位置に固定されている

ことを特徴とするモータユニット。

[請求項13]

モータのロータの回転に応じて回転する磁石の磁束を検出するため複数のホール素子と、前記ホール素子毎に設けられた複数の増幅回路と、モータの駆動を制御するための駆動制御信号を生成する制御装置とを備え、前記複数のホール素子がそれぞれの入力側において互いに直列に接続されているモータ制御装置を用いたモータ制御方法であって、

前記ホール素子が、検出した磁束に応じた信号を生成するステップと、

前記複数の増幅回路が、対応する前記ホール素子によって生成され

た信号をそれぞれ増幅するステップと、

前記制御装置が、夫々の前記増幅回路によって増幅された信号に基づいて前記ロータの回転角度を算出し、算出した回転角度に基づいて前記駆動制御信号を生成して前記モータに供給するステップと、を含む

ことを特徴とするモータ制御方法。

[請求項14]

入力側において互いに直列に接続された複数のホール素子を有する磁気検出ユニットと、増幅回路と、磁石と、出力軸がその軸線方向に移動可能な直動型モータの駆動を制御するための駆動制御信号を生成する制御装置とを有し、前記複数のホール素子および前記磁石の一方が、前記出力軸の移動に応じて移動する位置に設けられ、前記複数のホール素子および前記磁石の他方が前記出力軸に対向する位置に設けられたモータ制御装置を用いたモータ制御方法であって、

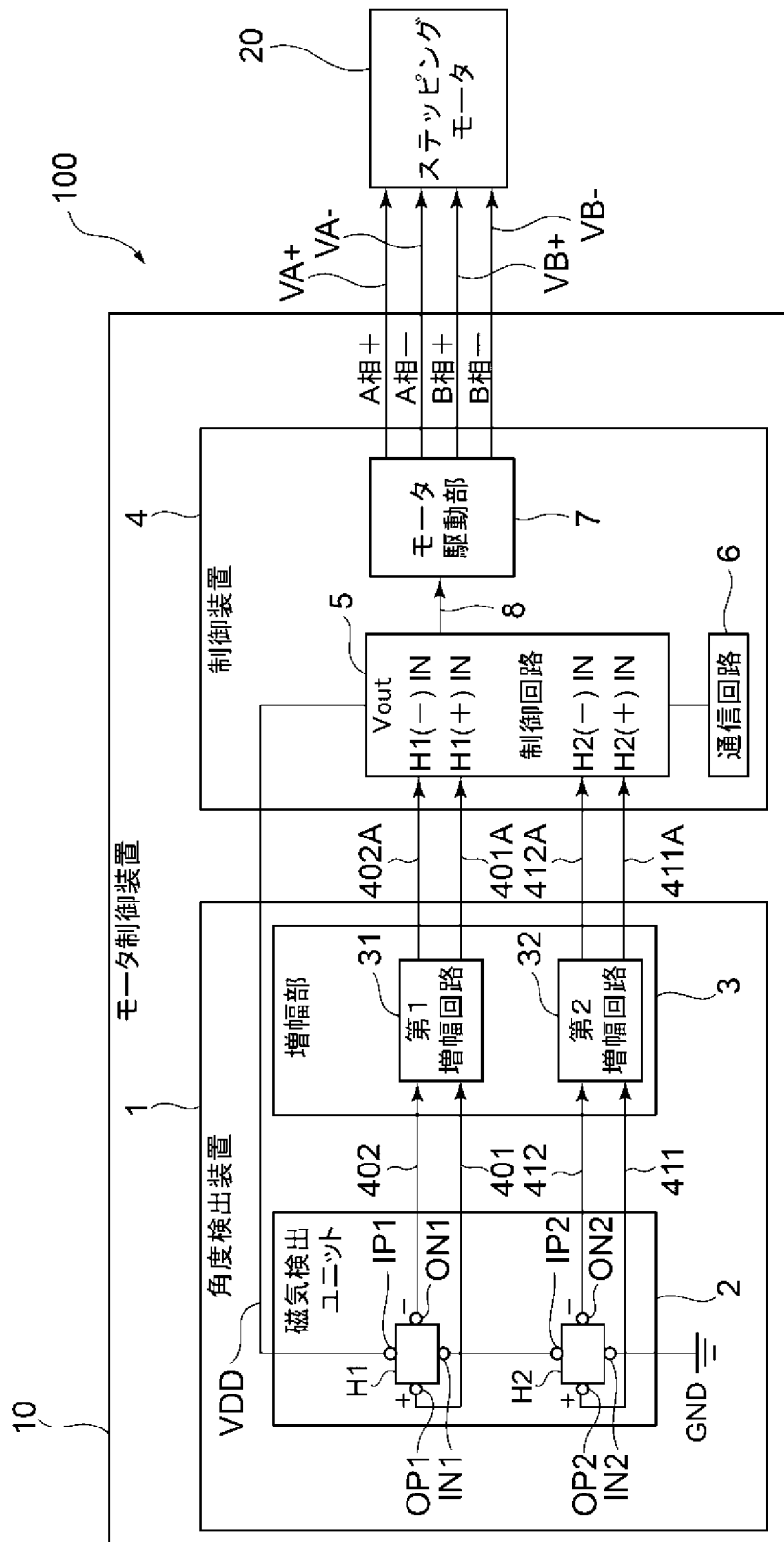
前記複数のホール素子のうちの一つのホール素子が、検出した磁束に基づいて信号を生成するステップと、

前記増幅回路が、前記一つのホール素子によって生成された信号を増幅するステップと、

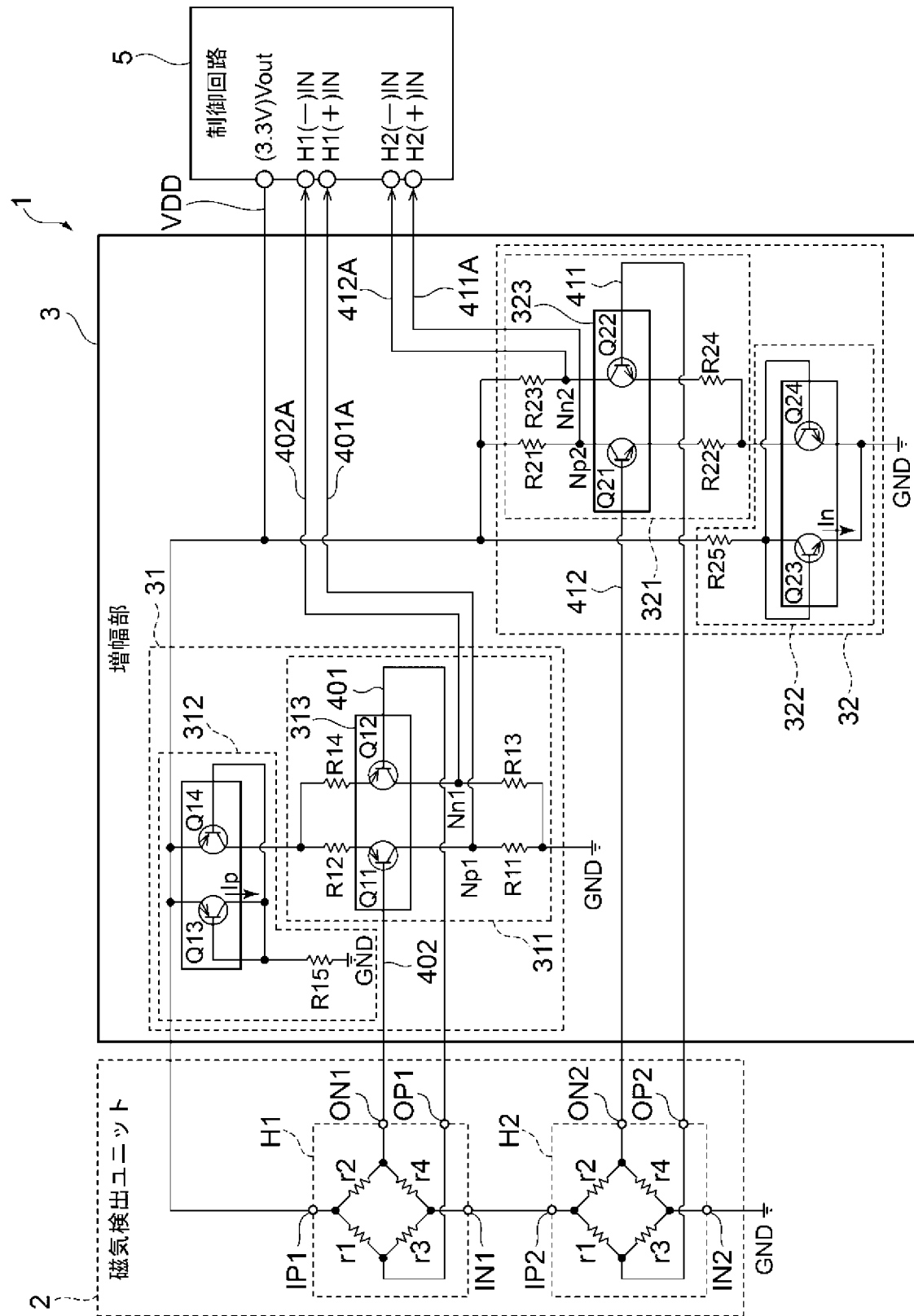
前記制御装置が、前記増幅回路によって増幅された信号に基づいて前記出力軸の位置を算出し、算出した位置に基づいて前記駆動制御信号を生成して前記直動型モータに供給するステップと、を含む

ことを特徴とするモータ制御方法。

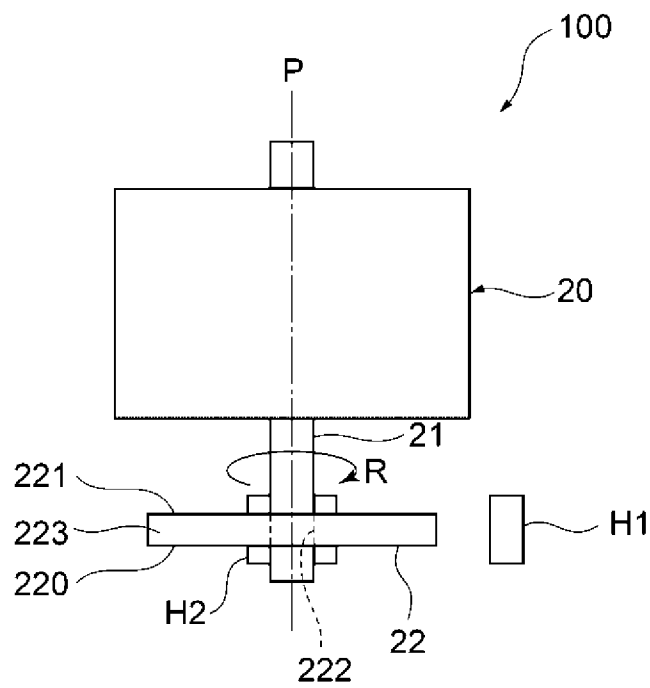
[図1]



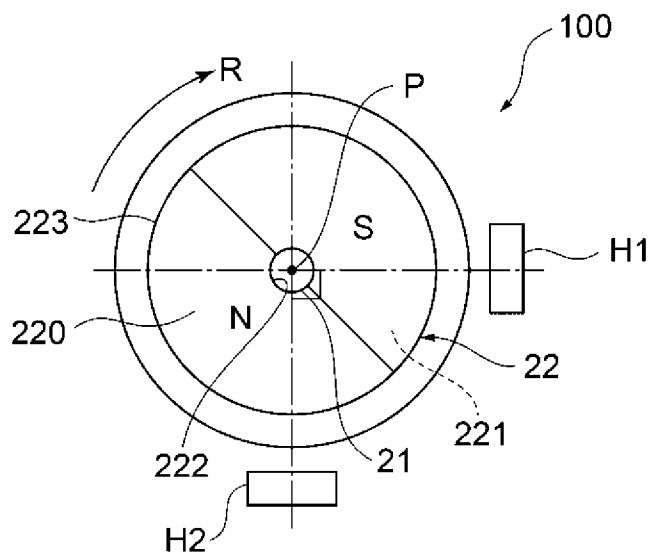
[図2]



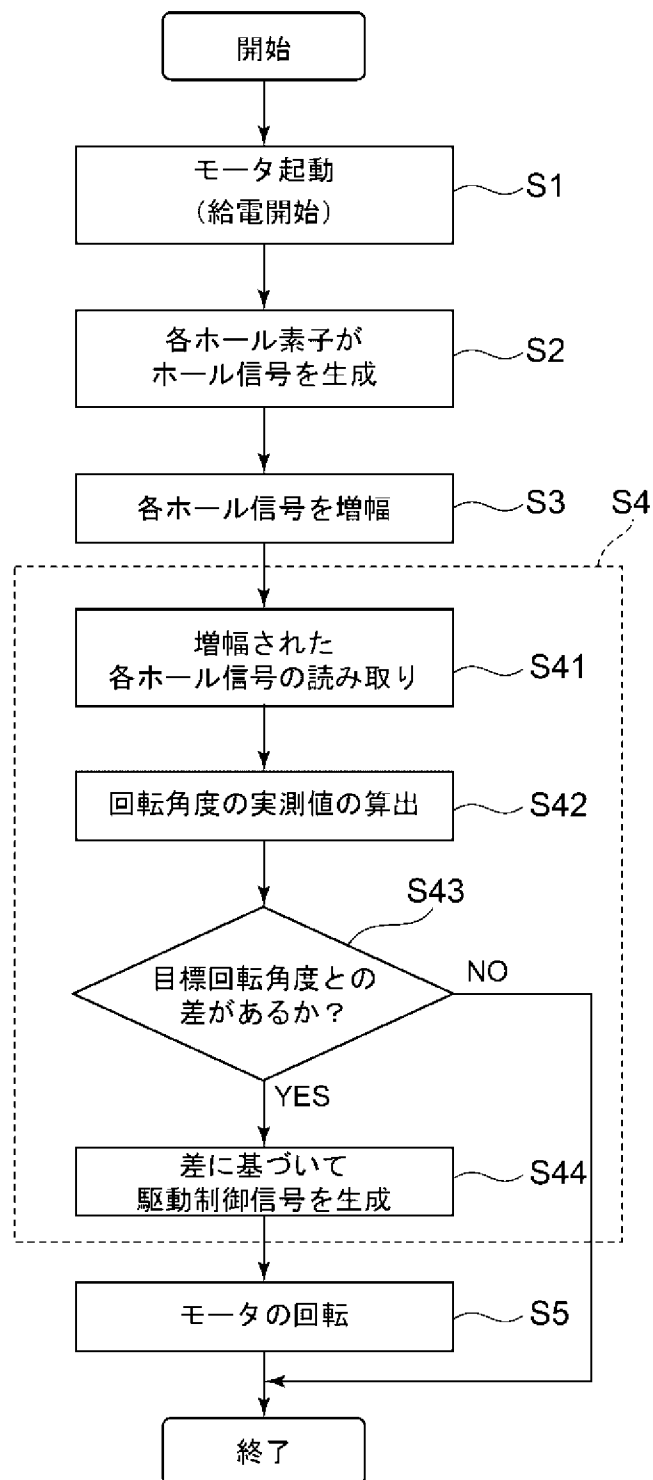
[図3A]



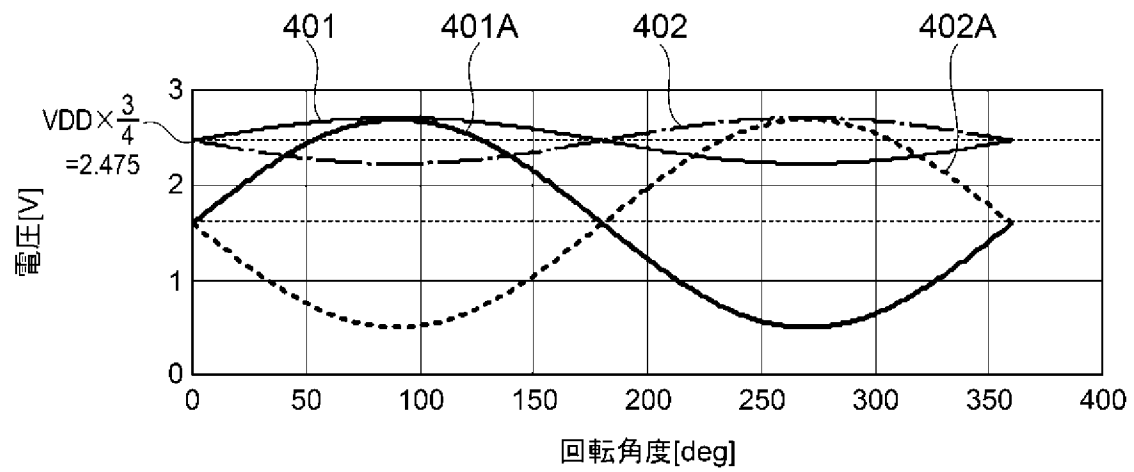
[図3B]



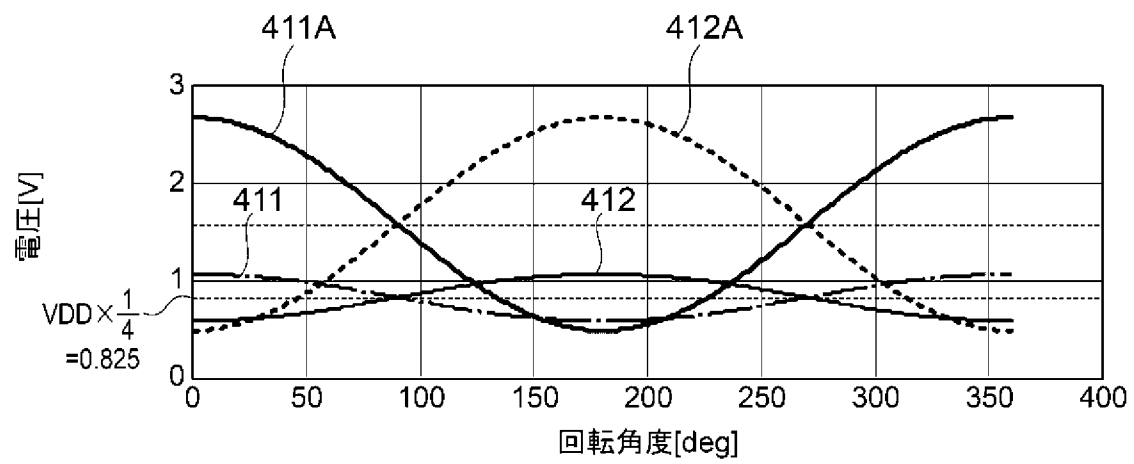
[図4]



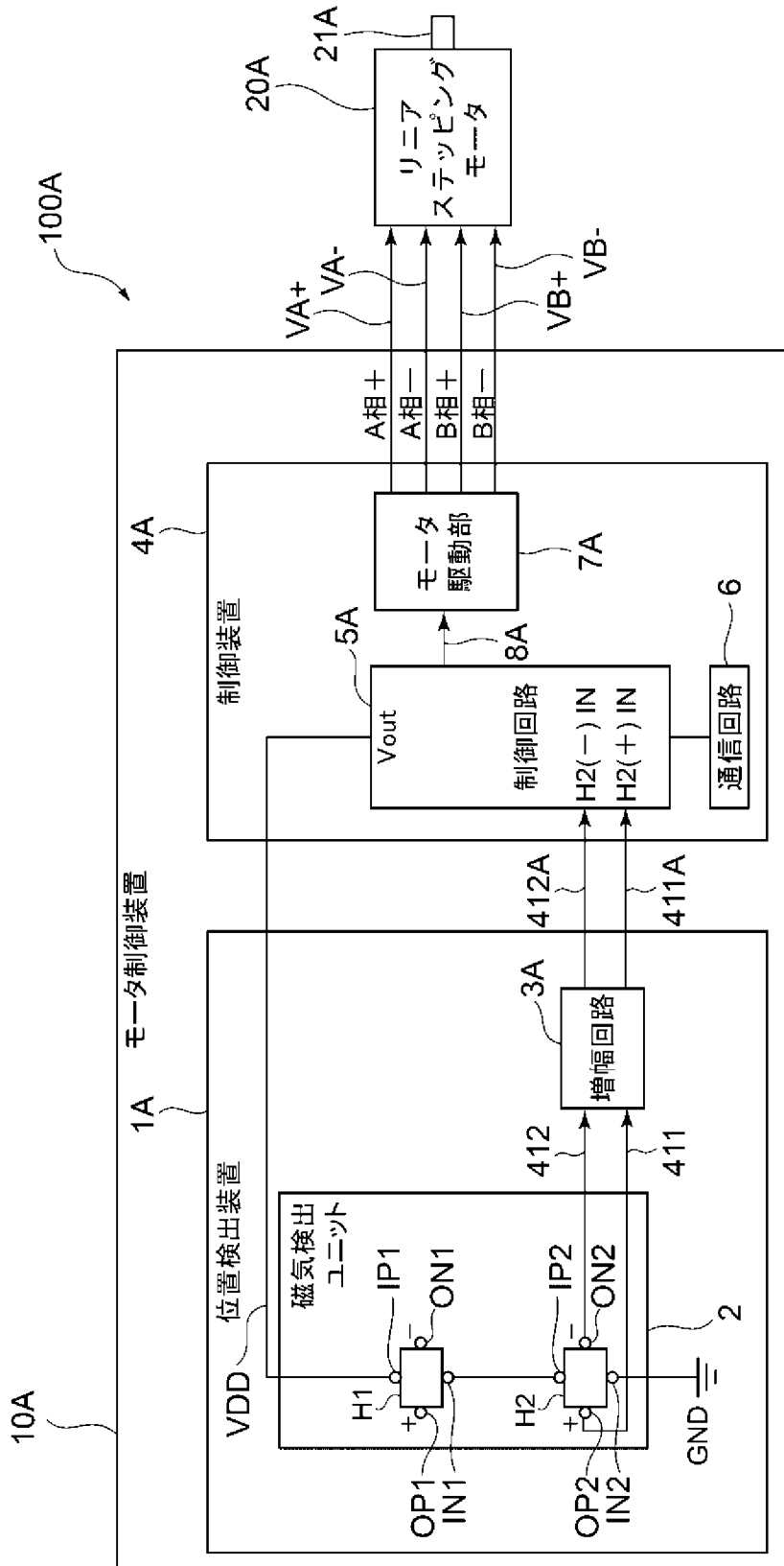
[図5A]



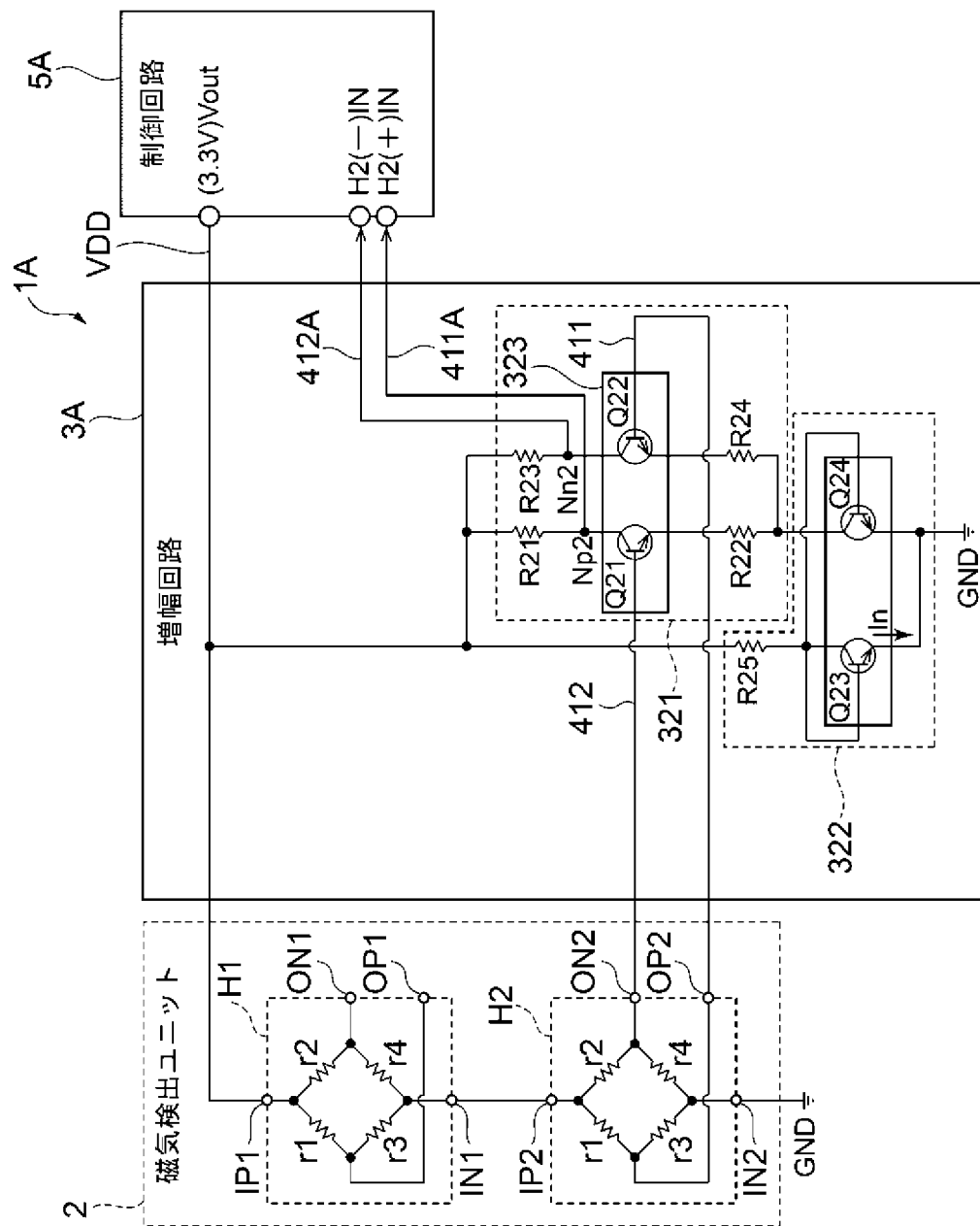
[図5B]



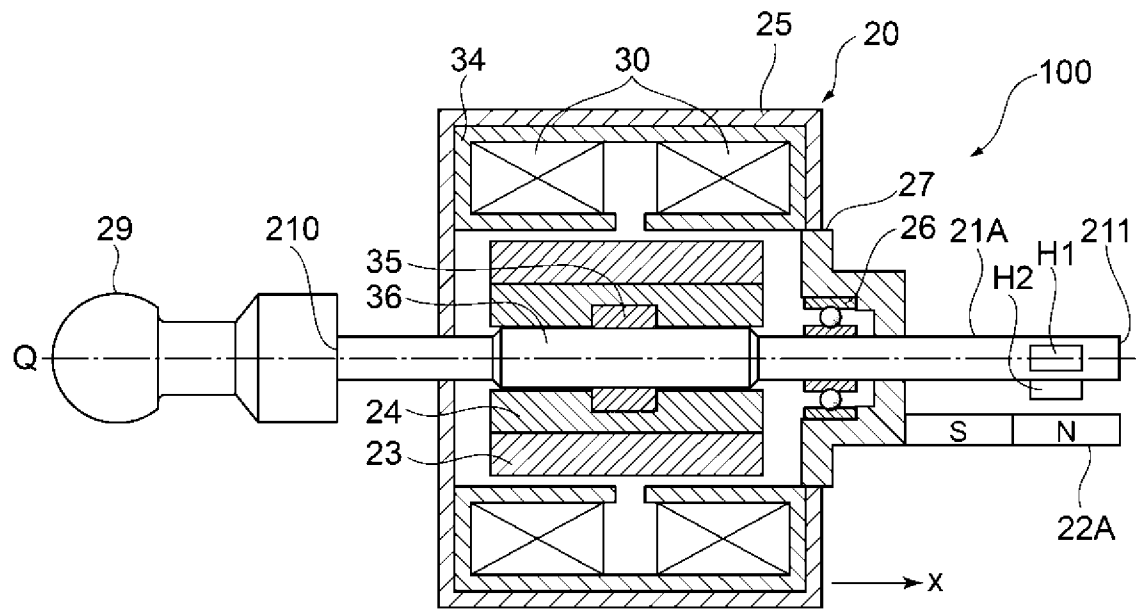
[図6]



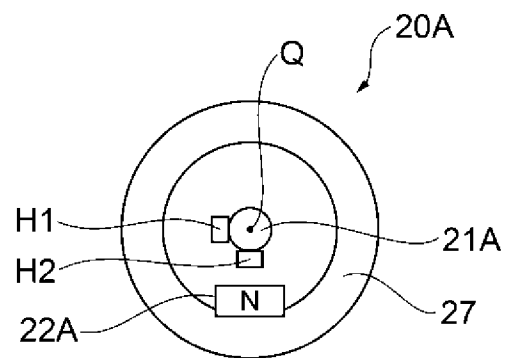
[図7]



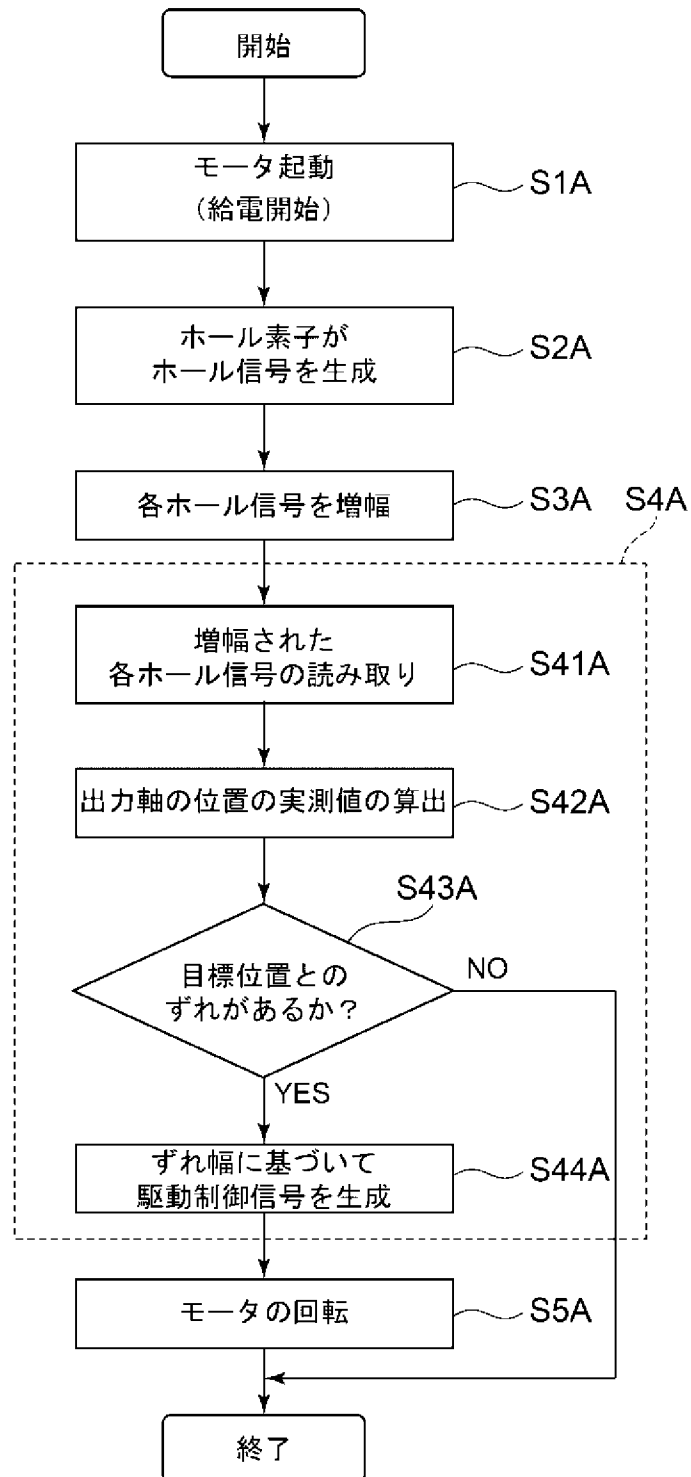
[図8A]



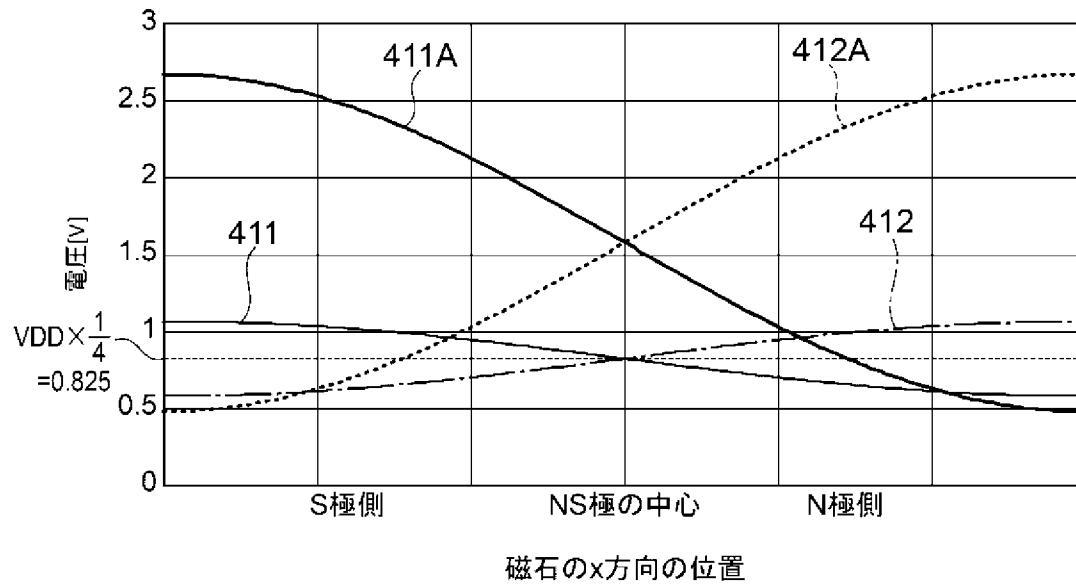
[図8B]



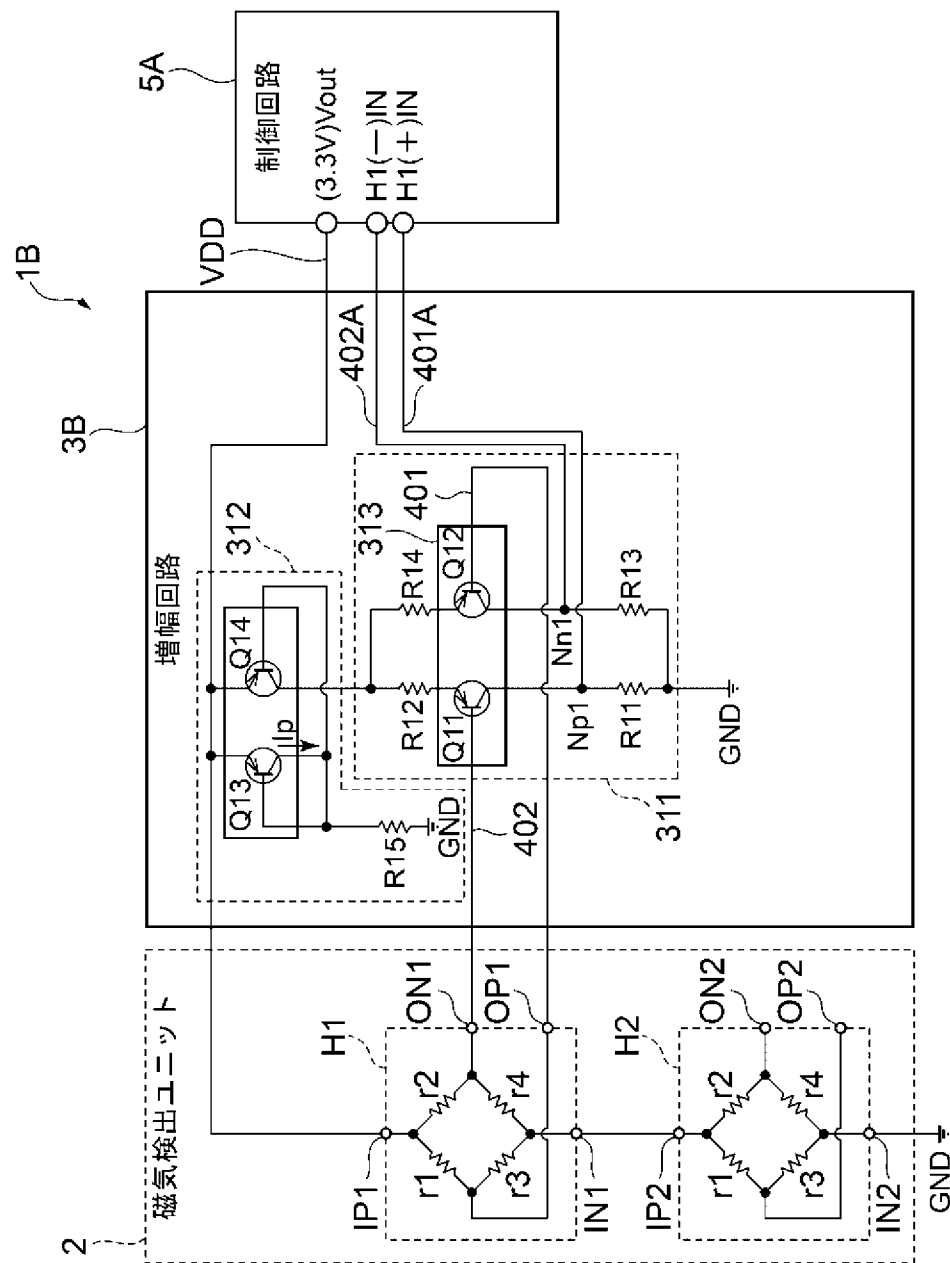
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/015567

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01D5/245 (2006.01) i, H02P8/14 (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)

Int.Cl. G01D5/245, H02P8/14

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 Y A	JP 7-190801 A (MIKUNI CORP.) 28 July 1995, paragraphs [0032], [0033], fig. 3 (Family: none)	1-3, 8 5-7, 9-14 4
Y	JP 2016-99164 A (NIDEC SANKYO CORPORATION) 30 May 2016, paragraphs [0018]-[0027], fig. 1, 2 & CN 105606019 A & KR 10-2016-0059958 A & TW 201629436 A	5-7, 13



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
10.06.2019

Date of mailing of the international search report
18.06.2019

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/015567

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 50452/1972 (Laid-open No. 10447/1974) (YAMATAKE HONEYWELL CO., LTD.) 29 January 1974, drawings (Family: none)	9-12
Y	JP 2009-165204 A (CKD CORPORATION) 23 July 2009, paragraphs [0021]-[0032], fig. 1, 2 & US 2009/0167214 A1, paragraphs [0029]-[0040], fig. 1A-2 & EP 2075656 A1 & CN 101471596 A & KR 10-2009-0073045 A & TW 200937833 A	10-12, 14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01D5/245(2006.01)i, H02P8/14(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01D5/245, H02P8/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 7-190801 A（株式会社ミクニ）1995.07.28, 段落 0032-0033, 図3（ファミリーなし）	1-3, 8
Y		5-7, 9-14
A		4
Y	JP 2016-99164 A（日本電産サンキョー株式会社）2016.05.30, 段落 0018-0027, 図1-2 & CN 105606019 A & KR 10-2016-0059958 A & TW 201629436 A	5-7, 13

☒ 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

10.06.2019

国際調査報告の発送日

18.06.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

菅藤 政明

2 F

9305

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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	日本国実用新案登録出願 47-50452 号(日本国実用新案登録出願公開 49-10447 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (山武ハネウエル株式会社) 1974. 01. 29, 図面 (ファミリーなし)	9-12
Y	JP 2009-165204 A (シーケーディ株式会社) 2009. 07. 23, 段落 0021-0032, 図 1-2 & US 2009/0167214 A1, [0029]-[0040], Figs. 1A-2 & EP 2075656 A1 & CN 101471596 A & KR 10-2009-0073045 A & TW 200937833 A	10-12, 14