

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6205774号
(P6205774)

(45) 発行日 平成29年10月4日(2017.10.4)

(24) 登録日 平成29年9月15日(2017.9.15)

(51) Int.Cl.

F 1

G 0 1 D 5/244 (2006.01)

G 0 1 D 5/244

H

G 0 1 D 5/12 (2006.01)

G 0 1 D 5/12

C

G 0 1 D 5/245 (2006.01)

G 0 1 D 5/245

R

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2013-59601 (P2013-59601)

(22) 出願日

平成25年3月22日 (2013.3.22)

(65) 公開番号

特開2014-185884 (P2014-185884A)

(43) 公開日

平成26年10月2日 (2014.10.2)

審査請求日

平成27年11月13日 (2015.11.13)

(73) 特許権者 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区新宿四丁目1番6号

(74) 代理人 100116665

弁理士 渡辺 和昭

(74) 代理人 100164633

弁理士 西田 圭介

(74) 代理人 100179475

弁理士 仲井 智至

(72) 発明者 桑野 俊一

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 吉田 久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検出回路、半導体集積回路装置、磁界回転角検出装置、及び、電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気抵抗効果素子のブリッジ回路を有する第1のセンサユニット及び第2のセンサユニットが互いに所定の角度をなして配置された磁気センサーに接続される検出回路であつて、

前記第1又は第2のセンサユニットの出力信号を比較する第1の比較回路と、

前記第1のセンサユニットの出力信号と前記第2のセンサユニットの出力信号とを比較する第2の比較回路と、

前記第1の比較回路の比較結果と前記第2の比較回路の比較結果とに基づいて磁界の回転角を算出する回転角算出回路と、

を含み、

前記第1の比較回路が、前記第1のセンサユニットの2つの出力信号を比較して、比較結果を表す第1の検出信号を出力する第1のコンパレーターを含み、

前記第2の比較回路が、

前記第1のセンサユニットの出力信号を所定の増幅率で増幅して、振幅が同一で符号が互いに異なる第1の増幅信号及び第2の増幅信号を出力する増幅部と、

前記第2のセンサユニットの出力信号と前記第1の増幅信号とを比較して、比較結果を表す第2の検出信号を出力する第2のコンパレーターと、

前記第2のセンサユニットの出力信号と前記第2の増幅信号とを比較して、比較結果を表す第3の検出信号を出力する第3のコンパレーターと、

10

20

を含むことを特徴とする検出回路。

【請求項 2】

磁気抵抗効果素子のブリッジ回路を有する第1のセンサユニット及び第2のセンサユニットが互いに所定の角度をなして配置された磁気センサーに接続される検出回路であつて、

前記第1又は第2のセンサユニットの出力信号を比較する第1の比較回路と、

前記第1のセンサユニットの出力信号と前記第2のセンサユニットの出力信号とを比較する第2の比較回路と、

前記第1の比較回路の比較結果と前記第2の比較回路の比較結果とに基づいて磁界の回転角を算出する回転角算出回路と、

を含み、

前記第1の比較回路が、前記第1のセンサユニットの2つの出力信号を比較して、比較結果を表す第1の検出信号を出力する第1のコンパレーターを含み、

前記第2の比較回路が、

前記第1のセンサユニットの一方の出力信号を所定の増幅率で増幅して、増幅信号を出力する増幅部と、

前記第2のセンサユニットの一方の出力信号と前記増幅信号とを比較して、比較結果を表す第2の検出信号を出力する第2のコンパレーターと、

前記第2のセンサユニットの他方の出力信号と前記増幅信号とを比較して、比較結果を表す第3の検出信号を出力する第3のコンパレーターと、

を含むことを特徴とする検出回路。

【請求項 3】

電源電圧を分圧することにより、前記増幅部において用いられる基準電位を生成する分圧回路をさらに含む、請求項1又は2記載の検出回路。

【請求項 4】

請求項1～3のいずれか1項記載の検出回路を含む半導体集積回路装置。

【請求項 5】

請求項1～3のいずれか1項記載の検出回路と、

前記磁気センサーと、

を含む磁界回転角検出装置。

【請求項 6】

請求項5記載の磁界回転角検出装置と、

回転磁界を発生する回転体と、

を含む電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気抵抗効果素子（以下においては、「MR素子」ともいう）を用いた磁気センサーに接続されて磁界の回転角を検出する検出回路及び半導体集積回路装置に関する。また、本発明は、そのような磁気センサーと検出回路とを含む磁界回転角検出装置に関する。さらに、本発明は、磁界回転角検出装置を用いた水道メーター、ガスマーター、速度メーター等の電子機器等に関する。

【背景技術】

【0002】

MR素子は、磁気抵抗効果のために、磁界の強さによって抵抗値が変化するという特性を有しており、MR素子に磁界が印加されると、その抵抗値は増加する。そこで、複数のMR素子をブリッジ接続することにより、回転磁界を発生する回転体の回転角を検出することが行われている。

【0003】

関連する技術として、特許文献1には、極めて簡単な構成の付加により、0°～360

10

20

30

40

50

°の範囲の回転角度検出が可能になる回転角度検出装置が開示されている。この回転角度検出装置は、検出対象に取り付けられて検出対象と共に回転して回転磁場を生成する回転磁石と、この回転磁石で生成される回転磁場内に配置され、複数のMR素子をブリッジ接続してなるセンサユニットを互いの磁化容易軸を45°ずらして配置してなる磁気センサーと、この磁気センサーの近傍に配置され、磁気センサーが配置された領域における回転磁石による0°～360°の回転磁場から0°～180°の合成回転磁場を生成する4極補助磁石とを備えている。

【0004】

特許文献1によれば、磁気センサーの近傍に4極補助磁石が設けられているので、4極補助磁石の合成磁気モーメントと回転磁石による磁気モーメントの合成磁気モーメントが、回転磁石による0°～360°の回転を0°～180°の回転に変換する。これにより、磁気センサーでの0°～180°の回転角度検出値を、検出対象の0°～360°の回転角度検出値として求めることが可能になる。

【0005】

また、信号処理ための回路は、従来の回路をそのまま利用することができる。磁気センサーから出力される複数の検出信号は、複数のA/D変換回路によってそれぞれA/D変換されて、CPUに入力される。CPUは、それらの検出信号に所定の信号処理を施し、回転角度検出データを算出する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2007-24738号公報（段落0011-0020、図5）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、磁界回転角検出装置において4極補助磁石を使用すれば、部品の実装面積やコストが大幅に増加してしまう。また、検出回路においてA/D変換回路を使用すれば、回路の消費電流やコストが大幅に増加してしまう。従って、4極補助磁石やA/D変換回路を使用せずに高精度を実現することが望まれている。その場合に、複数のMR素子をブリッジ接続して構成される2つのセンサユニットが互いに45°ずらして配置された磁気センサーを用いて磁界の回転角を検出すれば、45°（1/8回転）の精度でしか回転角を検出することができない。

【0008】

そこで、上記の点に鑑み、本発明の目的の1つは、複数のMR素子をブリッジ接続して構成される2つのセンサユニットが互いに所定の角度をなして配置された磁気センサーを用いて、簡単な回路構成により、45°（1/8回転）よりも細かい精度で磁界の回転角を検出することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

以上の課題を解決するため、本発明の第1の観点に係る検出回路は、磁気抵抗効果素子のブリッジ回路を有する第1のセンサユニット及び第2のセンサユニットが互いに所定の角度をなして配置された磁気センサーに接続される検出回路であって、第1又は第2のセンサユニットの出力信号を比較する第1の比較回路と、第1のセンサユニットの出力信号と第2のセンサユニットの出力信号とを比較する第2の比較回路と、第1の比較回路の比較結果と第2の比較回路の比較結果とに基づいて磁界の回転角を算出する回転角算出回路とを含む。

【0010】

本発明の第1の観点によれば、第1又は第2のセンサユニットの出力信号を比較することに加えて、第1のセンサユニットの出力信号と第2のセンサユニットの出力信号とを比較することにより、45°（1/8回転）よりも細かい精度で磁界の回転角を検出

10

20

30

40

50

することができる。

【0011】

本発明の第2の観点に係る検出回路は、本発明の第1の観点に係る検出回路において、第1の比較回路が、第1のセンサユニットの2つの出力信号を比較して、比較結果を表す第1の検出信号を出力する第1のコンパレーターと、第2のセンサユニットの2つの出力信号を比較して、比較結果を表す第2の検出信号を出力する第2のコンパレーターとを含み、第2の比較回路が、第1のセンサユニットの一方の出力信号と第2のセンサユニットの一方の出力信号とを比較する第3のコンパレーターと、第1のセンサユニットの他方の出力信号と第2のセンサユニットの一方の出力信号とを比較する第4のコンパレーターとを含み、回転角算出回路が、第3のコンパレーターの比較結果と第4のコンパレーターの比較結果とに基づいて第3の検出信号を生成する論理回路を含むことを特徴とする。

【0012】

本発明の第2の観点によれば、センサユニット毎の2つの出力信号を比較することに加えて、第1のセンサユニットの一方の出力信号と第2のセンサユニットの一方の出力信号とを比較すると共に、第1のセンサユニットの他方の出力信号と第2のセンサユニットの一方の出力信号とを比較することにより、 22.5° ($1/16$ 回転) の精度で磁界の回転角を検出することができる。

【0013】

本発明の第3の観点に係る検出回路は、本発明の第1の観点に係る検出回路において、第1の比較回路が、第1のセンサユニットの2つの出力信号を比較して、比較結果を表す第1の検出信号を出力する第1のコンパレーターを含み、第2の比較回路が、第1のセンサユニットの出力信号を所定の増幅率で増幅して、振幅が同一で符号が互いに異なる第1の増幅信号及び第2の増幅信号を出力する増幅部と、第2のセンサユニットの出力信号と第1の増幅信号とを比較して、比較結果を表す第2の検出信号を出力する第2のコンパレーターと、第2のセンサユニットの出力信号と第2の増幅信号とを比較して、比較結果を表す第3の検出信号を出力する第3のコンパレーターとを含むことを特徴とする。

【0014】

本発明の第3の観点によれば、第1のセンサユニットの2つの出力信号を比較することに加えて、第1のセンサユニットの出力信号を所定の増幅率で増幅して符号が互いに異なる第1の増幅信号及び第2の増幅信号を求め、第2のセンサユニットの出力信号と第1の増幅信号とを比較すると共に、第2のセンサユニットの出力信号と第2の増幅信号とを比較することにより、 30° ($1/12$ 回転) の精度で磁界の回転角を検出することができる。

【0015】

本発明の第4の観点に係る検出回路は、本発明の第1の観点に係る検出回路において、第1の比較回路が、第1のセンサユニットの2つの出力信号を比較して、比較結果を表す第1の検出信号を出力する第1のコンパレーターを含み、第2の比較回路が、第1のセンサユニットの一方の出力信号を所定の増幅率で増幅して、増幅信号を出力する増幅部と、第2のセンサユニットの一方の出力信号と増幅信号とを比較して、比較結果を表す第2の検出信号を出力する第2のコンパレーターと、第2のセンサユニットの他方の出力信号と増幅信号とを比較して、比較結果を表す第3の検出信号を出力する第3のコンパレーターとを含むことを特徴とする。

【0016】

本発明の第4の観点によれば、第1のセンサユニットの2つの出力信号を比較することに加えて、第1のセンサユニットの一方の出力信号を所定の増幅率で増幅して増幅信号を求め、第2のセンサユニットの一方の出力信号と増幅信号とを比較すると共に、第2のセンサユニットの他方の出力信号と増幅信号とを比較することにより、 30° ($1/12$ 回転) の精度で磁界の回転角を検出することができる。

10

20

30

40

50

【0017】

ここで、本発明の第3又は第4の観点に係る検出回路は、電源電圧を分圧することにより、増幅部において用いられる基準電位を生成する分圧回路をさらに含むようにも良い。その場合には、増幅信号の中点電位を所望の基準電位に近付けることができる。

【0018】

本発明の幾つかの観点に係る半導体集積回路装置は、上記いずれかの検出回路を含む。A/D変換回路を使用しない検出回路を半導体集積回路装置に内蔵することにより、回路の小型化や低コスト化を達成することができる。

【0019】

本発明の幾つかの観点に係る磁界回転角検出装置は、上記いずれかの検出回路と、磁気センサーとを含む。これにより、回転体の回転角を精度良く検出できる磁界回転角検出装置を実現することができる。 10

【0020】

本発明の幾つかの観点に係る電子機器は、上記の磁界回転角検出装置と、回転磁界を発生する回転体とを含む。これにより、水道メーター、ガスマーター、速度メーター等を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の幾つかの実施形態に係る電子機器の構成の一部を示す側面図。

【図2】第1のセンサユニットの構成及び配置方向を示す平面図。 20

【図3】第2のセンサユニットの構成及び配置方向を示す平面図。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る検出回路の構成を示す回路図。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る検出回路の動作を説明するための波形図。

【図6】第1～第3の検出信号によって表される回転体の回転角を示す図。

【図7】本発明の第2の実施形態に係る検出回路の構成を示す回路図。

【図8】本発明の第2の実施形態に係る検出回路の動作を説明するための波形図。

【図9】第1～第3の検出信号によって表される回転体の回転角を示す図。

【図10】本発明の第3の実施形態に係る検出回路の構成を示す回路図。

【図11】本発明の第3の実施形態に係る検出回路の動作を説明するための波形図。

【発明を実施するための形態】 30

【0022】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。

図1は、本発明の幾つかの実施形態に係る電子機器の構成の一部を示す側面図である。この電子機器は、水道メーター、ガスマーター、速度メーター等の電子機器であり、磁石10aを有する回転体10と、第1のセンサユニット21及び第2のセンサユニット22を有する磁気センサー20とを含んでいる。

【0023】

例えば、回転体10は、水道水やガス等の流体の移動に伴って回転する羽根車等に接続されている。あるいは、回転体10は、モーターや車輪の回転軸であっても良い。回転体10が回転すると、磁石10aが回転磁界を発生する。磁石10aのN極からS極に向けて形成される磁束線が通過する位置に、磁気センサー20が配置されている。 40

【0024】

第1のセンサユニット21及び第2のセンサユニット22の各々は、MR素子のブリッジ回路を有する。MR素子は、磁気抵抗効果のために、磁界の強さによって抵抗値が変化するという特性を有しており、MR素子に磁界が印加されると、その抵抗値は増加する。

【0025】

図2は、第1のセンサユニットの構成及び配置方向を示す平面図である。第1のセンサユニット21は、ブリッジ接続されたMR素子R1～R4を有している。また、図3は、第2のセンサユニットの構成及び配置方向を示す平面図である。第2のセンサユ 50

ニット 2 2 は、ブリッジ接続された MR 素子 R 5 ~ R 8 を有している。第 1 のセンサユニット 2 1 及び第 2 のセンサユニット 2 2 は、回転磁界を発生する回転体 1 0 の回転軸 Z に略直交する面内において、互いに略 45° の角度をなして配置されている。

【 0 0 2 6 】

図 1 に示すように、センサユニット 2 1 及び 2 2 は、回転軸 Z の方向において異なる位置の 2 つの面内にそれぞれ配置されても良い。その場合には、図 2 に示すように、回転軸 Z が MR 素子 R 1 ~ R 4 の略中心に位置すると共に、図 3 に示すように、回転体 1 0 の回転軸 Z が MR 素子 R 5 ~ R 8 の略中心に位置することが望ましい。そのようにセンサユニット 2 1 及び 2 2 を配置すれば、回転体 1 0 の回転角を正確に検出することができる。あるいは、センサユニット 2 1 及び 2 2 は、同一面内に配置されても良い。その場合には、センサユニット 2 1 及び 2 2 の基板上への実装が容易となる。 10

【 0 0 2 7 】

図 2 に示すように、MR 素子 R 1 と MR 素子 R 3 との接続点は、高電位側のセンサー電源電位 V_s に接続され、MR 素子 R 2 と MR 素子 R 4 との接続点は、低電位側の電源電位（本実施形態においては、接地電位とする）に接続されている。MR 素子 R 1 と MR 素子 R 2 との接続点は、第 1 の出力端子に接続され、第 1 の出力端子から出力信号 A 1 が出力される。MR 素子 R 3 と MR 素子 R 4 との接続点は、第 2 の出力端子に接続され、第 2 の出力端子から出力信号 A 2 が出力される。

【 0 0 2 8 】

図 3 に示すように、MR 素子 R 5 と MR 素子 R 7 との接続点は、高電位側のセンサー電源電位 V_s に接続され、MR 素子 R 6 と MR 素子 R 8 との接続点は、低電位側の電源電位（本実施形態においては、接地電位とする）に接続されている。MR 素子 R 5 と MR 素子 R 6 との接続点は、第 1 の出力端子に接続され、第 1 の出力端子から出力信号 B 1 が出力される。MR 素子 R 7 と MR 素子 R 8 との接続点は、第 2 の出力端子に接続され、第 2 の出力端子から出力信号 B 2 が出力される。 20

【 0 0 2 9 】

次に、本発明の第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る検出回路について説明する。本発明の第 1 ~ 第 3 の実施形態に係る検出回路は、磁気抵抗効果素子のブリッジ回路を有する第 1 のセンサユニット及び第 2 のセンサユニットが互いに所定の角度をなして配置された磁気センサーに接続される検出回路であって、第 1 又は第 2 のセンサユニットの出力信号を比較する第 1 の比較回路と、第 1 のセンサユニットの出力信号と第 2 のセンサユニットの出力信号とを比較する第 2 の比較回路と、第 1 の比較回路の比較結果と第 2 の比較回路の比較結果とに基づいて磁界の回転角を算出する回転角算出回路とを含んでいる。 30

【 0 0 3 0 】

図 4 は、本発明の第 1 の実施形態に係る検出回路の構成を示す回路図である。この検出回路は、図 1 ~ 図 3 に示す磁気センサーに接続されて、磁気センサーと共に磁界回転角検出装置を構成する。

【 0 0 3 1 】

図 4 に示すように、検出回路 3 0 は、第 1 の比較回路を構成するコンパレーター 3 1 ~ 3 2 と、第 2 の比較回路を構成するコンパレーター 3 3 ~ 3 4 と、論理回路 3 5 を有する回転角算出回路 3 6 と、センサー電源供給回路 3 7 とを含んでいる。これらの回路は、半導体集積回路装置に内蔵されても良い。 40

【 0 0 3 2 】

コンパレーター 3 1 は、図 2 に示す第 1 のセンサユニット 2 1 の 2 つの出力信号 A 1 及び A 2 を比較して、比較結果を表す第 1 の検出信号 D 1 を出力する。第 1 の検出信号 D 1 は、出力信号 A 1 が出力信号 A 2 よりも大きいときにハイレベルとなり、出力信号 A 1 が出力信号 A 2 よりも小さいときにローレベルとなる。

【 0 0 3 3 】

コンパレーター 3 2 は、図 3 に示す第 2 のセンサユニット 2 2 の 2 つの出力信号 B 1 及び B 2 を比較して、比較結果を表す第 2 の検出信号 D 2 を出力する。第 2 の検出信号 D 50

2は、出力信号B1が出力信号B2よりも大きいときにハイレベルとなり、出力信号B1が出力信号B2よりも小さいときにローレベルとなる。

【0034】

コンパレーター33は、図2に示す第1のセンサユニット21の一方の出力信号A1と図3に示す第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1とを比較して、比較結果を表す比較信号C1を出力する。比較信号C1は、出力信号A1が出力信号B1よりも大きいときにハイレベルとなり、出力信号A1が出力信号B1よりも小さいときにローレベルとなる。

【0035】

コンパレーター34は、図2に示す第1のセンサユニット21の他方の出力信号A2と図3に示す第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1とを比較して、比較結果を表す比較信号C2を出力する。比較信号C2は、出力信号A2が出力信号B1よりも小さいときにハイレベルとなり、出力信号A2が出力信号B1よりも大きいときにローレベルとなる。

10

【0036】

論理回路35は、コンパレーター33から出力される比較信号C1とコンパレーター34から出力される比較信号C2とに基づいて、第3の検出信号D3を生成する。例えば、論理回路35は、反転出力を有する排他的論理回路(ENOR回路)によって構成され、比較信号C1と比較信号C2との排他的論理和を反転することにより、第3の検出信号D3を生成する。

20

【0037】

図5は、本発明の第1の実施形態に係る検出回路の動作を説明するための波形図である。図5において、横軸は、回転体の回転角 θ を表している。図5(a)には、図2に示す第1のセンサユニット21の一方の出力信号A1によって表されるA相(SIN)の波形と、図3に示す第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1によって表されるB相(COS)の波形とが示されている。

【0038】

第1のセンサユニット21の2つの出力信号A1及びA2を比較することにより、図5(c)に示す第1の検出信号D1が得られる。また、第2のセンサユニット22の2つの出力信号B1及びB2を比較することにより、図5(c)に示す第2の検出信号D2が得られる。

30

【0039】

図5(b)には、図2に示す第1のセンサユニット21の一方の出力信号A1の波形、及び、図3に示す第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1の波形に加えて、第1のセンサユニット21の他方の出力信号A2の波形が破線で示されている。

【0040】

第1のセンサユニット21の一方の出力信号A1と第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1とを比較することにより、図5(c)に示す比較信号C1が得られる。また、第1のセンサユニット21の他方の出力信号A2と第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1とを比較することにより、図5(c)に示す比較信号C2が得られる。さらに、比較信号C1と比較信号C2との排他的論理和を反転することにより、図5(c)に示す第3の検出信号D3が生成される。

40

【0041】

図6は、第1～第3の検出信号によって表される回転体の回転角を示す図である。図6に示すように、第1～第3の検出信号D1～D3の3ビットのデータによって、回転角 180° 内における8つの角度範囲を識別することができる。各角度範囲は、 22.5° (1/16回転)となっている。図4に示す回転角算出回路36は、第1～第3の検出信号D1～D3に基づいて、回転体の回転角を表す回転角データを算出する。回転角データを単位時間において積分することにより、水道又はガスの使用量や、自転車等の速度を求めることが可能となる。

50

【0042】

再び図4を参照すると、センサー電源供給回路37は、図2に示す第1のセンサユニット21、図3に示す第2のセンサユニット22、及び、コンパレーター31～34を含むアナログ回路に、センサー電源電位 V_s を供給する。ここで、センサー電源供給回路37は、システムクロック信号に同期して所定の期間だけセンサー電源電位 V_s をアナログ回路に供給することにより、アナログ回路を間欠駆動しても良い。センサー電源電位 V_s を供給する期間をシステムクロック信号の1周期よりも短くすることによって、アナログ回路において消費される電力を大幅に低減することができる。

【0043】

本発明の第1の実施形態によれば、センサユニット毎の2つの出力信号を比較することに加えて、第1のセンサユニット21の一方の出力信号A1と第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1とを比較すると共に、第1のセンサユニット21の他方の出力信号A2と第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1とを比較することにより、 22.5° (1/16回転)の精度で磁界の回転角を検出することができる。 10

【0044】

次に、本発明の第2の実施形態に係る検出回路について説明する。

図7は、本発明の第2の実施形態に係る検出回路の構成を示す回路図である。この検出回路は、図1～図3に示す磁気センサーに接続されて、磁気センサーと共に磁界回転角検出装置を構成する。

【0045】

図7に示すように、検出回路40は、第1の比較回路を構成するコンパレーター41と、第2の比較回路を構成するコンパレーター42～43と、第2の比較回路における増幅部を構成するオペアンプ44～47及び抵抗R9～R14と、回転角算出回路48と、センサー電源供給回路49とを含んでいる。これらの回路は、半導体集積回路装置に内蔵されても良い。 20

【0046】

コンパレーター41は、図2に示す第1のセンサユニット21の2つの出力信号A1及びA2を比較して、比較結果を表す第1の検出信号D1を出力する。第1の検出信号D1は、出力信号A1が出力信号A2よりも大きいときにハイレベルとなり、出力信号A1が出力信号A2よりも小さいときにローレベルとなる。 30

【0047】

オペアンプ44及び46は、ボルテージフォロワーとして働き、図2に示す第1のセンサユニット21の2つの出力信号A1及びA2をバッファーする。また、オペアンプ45及び47は、オペアンプ44及び46の出力信号A1及びA2を所定の増幅率で増幅して、振幅が同一で符号が互いに異なる第1の増幅信号C1及び第2の増幅信号C2をそれぞれ出力する。オペアンプ45及び47のオープンループゲインが十分大きい場合に、オペアンプ45の増幅率は、 $-R10/R9$ で与えられ、オペアンプ47の増幅率は、 $-R12/R11$ で与えられる。

【0048】

あるいは、オペアンプ44及び46は、図2に示す第1のセンサユニット21の2つの出力信号A1及びA2の内の一方をそれぞれ正相及び逆相で増幅することにより、振幅が同一で符号が互いに異なる第1の増幅信号C1及び第2の増幅信号C2を生成しても良い。 40

【0049】

抵抗R13及びR14は、高電位側のセンサー電源電位 V_s と低電位側の電源電位とによって定まる電源電圧を分圧することにより、オペアンプ45及び47において用いられる基準電位 V_{REF} を生成する分圧回路を構成する。これにより、増幅信号の中点電位を、所望の基準電位 V_{REF} に近付けることができる。例えば、磁界が存在しない場合に、図2に示す第1のセンサユニット21において $R1 = R2$ かつ $R3 = R4$ であり、図3に示す第2のセンサユニット22において $R5 = R6$ かつ $R7 = R8$ である場合に、R 50

13 = R14とする。

【0050】

コンパレーター42は、図3に示す第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1と第1の増幅信号C1とを比較して、比較結果を表す第2の検出信号D2を出力する。第2の検出信号D2は、出力信号B1が増幅信号C1よりも大きいときにハイレベルとなり、出力信号B1が増幅信号C1よりも小さいときにローレベルとなる。

【0051】

コンパレーター43は、第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1と第2の増幅信号C2とを比較して、比較結果を表す第3の検出信号D3を出力する。第3の検出信号D3は、出力信号B1が増幅信号C2よりも大きいときにハイレベルとなり、出力信号B1が増幅信号C2よりも小さいときにローレベルとなる。

10

【0052】

図8は、本発明の第2の実施形態に係る検出回路の動作を説明するための波形図である。図8において、横軸は、回転体の回転角 θ を表している。図8(a)には、図2に示す第1のセンサユニット21の一方の出力信号A1によって表されるA相(SIN)の波形と、図3に示す第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1によって表されるB相(COS)の波形とが示されている。センサユニット21の2つの出力信号A1及びA2を比較することにより、図8(c)に示す第1の検出信号D1が得られる。

【0053】

図8(b)には、A相(SIN)の波形及びB相(COS)の波形に加えて、第1のセンサユニット21の2つの出力信号A1及びA2を所定の増幅率で増幅して得られる増幅信号C1及びC2の波形が一点鎖線で示されている。

20

【0054】

本実施形態においては、図3に示す第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1の電位と増幅信号C1及びC2の電位とが比較される。出力信号B1の振幅をBとするとき、出力信号B1の電位は、次式で表される。

$$B_1 = -B \cos 2$$

【0055】

また、増幅信号C1及びC2の振幅をCとするとき、増幅信号C1及びC2の電位は、次式で表される。

$$C_1 = -C \sin 2$$

$$C_2 = C \sin 2$$

30

【0056】

30°(1/12回転)の精度で回転体の回転角を検出するために、回転体の回転角が30°であるときに、出力信号B1の電位と増幅信号C1の電位とが等しくなるように、図7に示すオペアンプ45の増幅率が設定される。

$$-B \cos 60^\circ = -C \sin 60^\circ$$

$$B/C = \sin 60^\circ / \cos 60^\circ = \tan 60^\circ = 3^{1/2}$$

$$C = 3^{-1/2} B$$

従って、オペアンプ45の増幅率は、 $-3^{-1/2}$ (約-0.6)となる。

40

【0057】

また、回転体の回転角 θ が60°であるときに、出力信号B1の電位と増幅信号C2の電位とが等しくなるように、図7に示すオペアンプ47の増幅率が設定される。

$$-B \cos 120^\circ = C \sin 120^\circ$$

$$B/C = -\sin 120^\circ / \cos 120^\circ = -\tan 120^\circ = 3^{1/2}$$

$$C = 3^{-1/2} B$$

従って、オペアンプ47の増幅率は、 $-3^{-1/2}$ (約-0.6)となる。

【0058】

第2のセンサユニット22の一方の出力信号B1と増幅信号C1とを比較することにより、図8(c)に示す第2の検出信号D2が生成される。また、第2のセンサユニッ

50

ト 2 2 の一方の出力信号 B 1 と第 2 の增幅信号 C 2 とを比較することにより、図 8 (c) に示す第 3 の検出信号 D 3 が生成される。

【 0 0 5 9 】

図 9 は、第 1 ~ 第 3 の検出信号によって表される回転体の回転角を示す図である。図 9 に示すように、第 1 ~ 第 3 の検出信号 D 1 ~ D 3 の 3 ビットのデータによって、180° 内における 6 つの角度範囲を識別することができる。各角度範囲は、30° (1/12 回転) となっている。図 7 に示す回転角算出回路 4 8 は、第 1 ~ 第 3 の検出信号 D 1 ~ D 3 に基づいて、回転体の回転角を表す回転角データを算出する。回転角データを単位時間において積分することにより、水道又はガスの使用量や、自転車等の速度を求めることが可能となる。

10

【 0 0 6 0 】

再び図 7 を参照すると、センサー電源供給回路 4 9 は、図 2 に示す第 1 のセンサユニット 2 1 、図 3 に示す第 2 のセンサユニット 2 2 、コンパレーター 4 1 ~ 4 3 、及び、オペアンプ 4 4 ~ 4 7 を含むアナログ回路に、センサー電源電位 V_s を供給する。ここで、センサー電源供給回路 4 9 は、システムクロック信号に同期して所定の期間だけセンサー電源電位 V_s をアナログ回路に供給することにより、アナログ回路を間欠駆動しても良い。センサー電源電位 V_s を供給する期間をシステムクロック信号の 1 周期よりも短くすることによって、アナログ回路において消費される電力を大幅に低減することができる。

【 0 0 6 1 】

本発明の第 2 の実施形態によれば、第 1 のセンサユニット 2 1 の 2 つの出力信号 A 1 及び A 2 を比較することに加えて、第 1 のセンサユニット 2 1 の出力信号 A 1 及び A 2 を所定の増幅率で増幅して符号が互いに異なる第 1 の増幅信号 C 1 及び第 2 の増幅信号 C 2 を求め、第 2 のセンサユニット 2 2 の出力信号 B 1 又は B 2 と第 1 の増幅信号 C 1 とを比較すると共に、第 2 のセンサユニット 2 2 の出力信号 B 1 又は B 2 と第 2 の増幅信号 C 2 とを比較することにより、30° (1/12 回転) の精度で磁界の回転角を検出することができる。

20

【 0 0 6 2 】

次に、本発明の第 3 の実施形態に係る検出回路について説明する。

30

図 1 0 は、本発明の第 3 の実施形態に係る検出回路の構成を示す回路図である。この検出回路は、本発明の第 2 の実施形態に係る検出回路を変形したものであり、同一の構成要素については重複する説明を省略する。

【 0 0 6 3 】

図 1 0 に示すように、検出回路 4 0 a は、第 1 の比較回路を構成するコンパレーター 4 1 と、第 2 の比較回路を構成するコンパレーター 4 2 ~ 4 3 と、第 2 の比較回路における増幅部を構成するオペアンプ 4 4 ~ 4 5 及び抵抗 R 9 ~ R 1 0 、R 1 3 ~ R 1 4 とを含んでいる。これらの回路は、半導体集積回路装置に内蔵されても良い。

【 0 0 6 4 】

オペアンプ 4 4 は、ボルテージフォロワーとして働き、図 2 に示す第 1 のセンサユニット 2 1 の一方の出力信号 A 1 をバッファする。また、オペアンプ 4 5 は、オペアンプ 4 4 の出力信号 A 1 を所定の増幅率で増幅して、増幅信号 C 1 を出力する。

40

【 0 0 6 5 】

コンパレーター 4 2 は、図 3 に示す第 2 のセンサユニット 2 2 の一方の出力信号 B 1 と増幅信号 C 1 とを比較して、比較結果を表す第 2 の検出信号 D 2 を出力する。第 2 の検出信号 D 2 は、出力信号 B 1 が増幅信号 C 1 よりも大きいときにハイレベルとなり、出力信号 B 1 が増幅信号 C 1 よりも小さいときにローレベルとなる。

【 0 0 6 6 】

コンパレーター 4 3 は、センサユニット 2 2 の他方の出力信号 B 2 と増幅信号 C 1 とを比較して、比較結果を表す第 3 の検出信号 D 3 を出力する。第 3 の検出信号 D 3 は、出

50

力信号 B 2 が増幅信号 C 1 よりも小さいときにハイレベルとなり、出力信号 B 2 が増幅信号 C 1 よりも大きいときにローレベルとなる。

【 0 0 6 7 】

図 1 1 は、本発明の第 3 の実施形態に係る検出回路の動作を説明するための波形図である。図 1 1 において、横軸は、回転体の回転角 θ を表している。図 1 1 (a) には、図 2 に示す第 1 のセンサユニット 2 1 の一方の出力信号 A 1 によって表される A 相 (S I N) の波形と、図 3 に示す第 2 のセンサユニット 2 2 の一方の出力信号 B 1 によって表される B 相 (C O S) の波形とが示されている。センサユニット 2 1 の 2 つの出力信号 A 1 及び A 2 を比較することにより、図 1 1 (c) に示す第 1 の検出信号 D 1 が得られる。

【 0 0 6 8 】

図 1 1 (b) には、A 相 (S I N) の波形及び B 相 (C O S) の波形に加えて、第 2 のセンサユニット 2 2 の他方の出力信号 B 2 の波形が破線で示され、第 1 のセンサユニット 2 1 の一方の出力信号 A 1 を所定の増幅率で増幅して得られる増幅信号 C 1 の波形が一点鎖線で示されている。

【 0 0 6 9 】

本実施形態においては、図 3 に示す第 2 のセンサユニット 2 2 の 2 つの出力信号 B 1 及び B 2 の電位と増幅信号 C 1 の電位とが比較される。出力信号 B 1 及び B 2 の振幅を B とすると、出力信号 B 1 及び B 2 の電位は、次式で表される。

$$B_1 = -B \cos 2$$

$$B_2 = B \cos 2$$

また、増幅信号 C 1 の振幅を C とすると、増幅信号 C 1 の電位は、次式で表される。

$$C_1 = -C \sin 2$$

【 0 0 7 0 】

30° (1 / 12 回転) の精度で回転体の回転角を検出するために、回転体の回転角が 30° であるときに、出力信号 B 1 の電位と増幅信号 C 1 の電位とが等しくなるように、図 1 0 に示すオペアンプ 4 5 の増幅率が設定される。

$$-B \cos 60^\circ = -C \sin 60^\circ$$

$$B / C = \sin 60^\circ / \cos 60^\circ = \tan 60^\circ = 3^{1/2}$$

$$C = 3^{-1/2} B$$

従って、オペアンプ 4 5 の増幅率は、 $-3^{-1/2}$ (約 -0.6) となる。

【 0 0 7 1 】

また、回転体の回転角 θ が 60° であるときに、出力信号 B 2 の電位と増幅信号 C 1 の電位とが等しくなるように、図 1 0 に示すオペアンプ 4 5 の増幅率が設定される。

$$B \cos 120^\circ = -C \sin 120^\circ$$

$$B / C = -\sin 120^\circ / \cos 120^\circ = -\tan 120^\circ = 3^{1/2}$$

$$C = 3^{-1/2} B$$

従って、オペアンプ 4 5 の増幅率は、 $-3^{-1/2}$ (約 -0.6) となって、上記の増幅率と一致する。

【 0 0 7 2 】

第 2 のセンサユニット 2 2 の一方の出力信号 B 1 と増幅信号 C 1 とを比較することにより、図 1 1 (c) に示す第 2 の検出信号 D 2 が生成される。また、第 2 のセンサユニット 2 2 の他方の出力信号 B 2 と増幅信号 C 1 とを比較することにより、図 1 1 (c) に示す第 3 の検出信号 D 3 が生成される。第 1 ~ 第 3 の検出信号によって表される回転体の回転角は、図 9 に示すのと同様である。

【 0 0 7 3 】

本発明の第 3 の実施形態によれば、第 1 のセンサユニット 2 1 の 2 つの出力信号 A 1 及び A 2 を比較することに加えて、第 1 のセンサユニット 2 1 の一方の出力信号 A 1 を所定の増幅率で増幅して増幅信号 C 1 を求め、第 2 のセンサユニット 2 2 の一方の出力信号 B 1 と増幅信号 C 1 とを比較すると共に、第 2 のセンサユニット 2 2 の他方の出力信号 B 2 と増幅信号 C 1 とを比較することにより、30° (1 / 12 回転) の精度で磁界

10

20

30

40

50

の回転角を検出することができる。

【0074】

本発明は、以上説明した実施形態に限定されるものではなく、当該技術分野において通常の知識を有する者によって、本発明の技術的思想内で多くの変形が可能である。

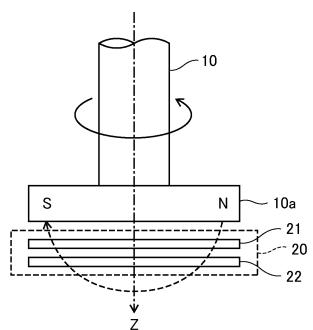
【符号の説明】

【0075】

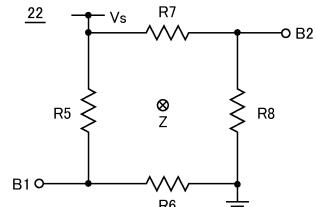
10...回転体、10a...磁石、20...磁気センサー、21、22...センサユニット、
30、40、40a...検出回路、31～34、41～43...コンパレーター、35...論理
回路、36、48...回転角算出回路、37、49...センサー電源供給回路、44～47...
オペアンプ、49...センサー電源供給回路、R1～R8...MR素子、R9～R14...抵抗

10

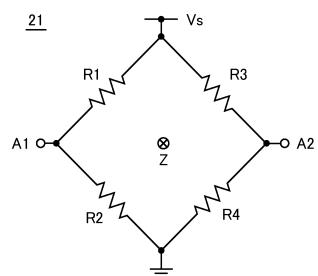
【図1】



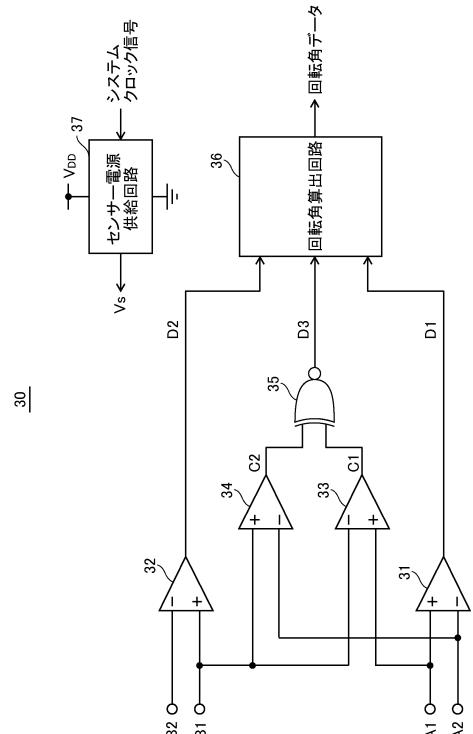
【図3】



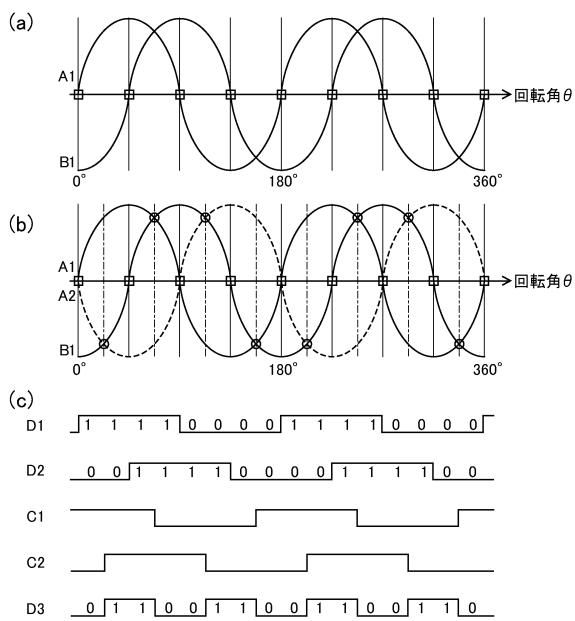
【図2】



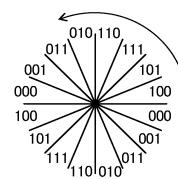
【図4】



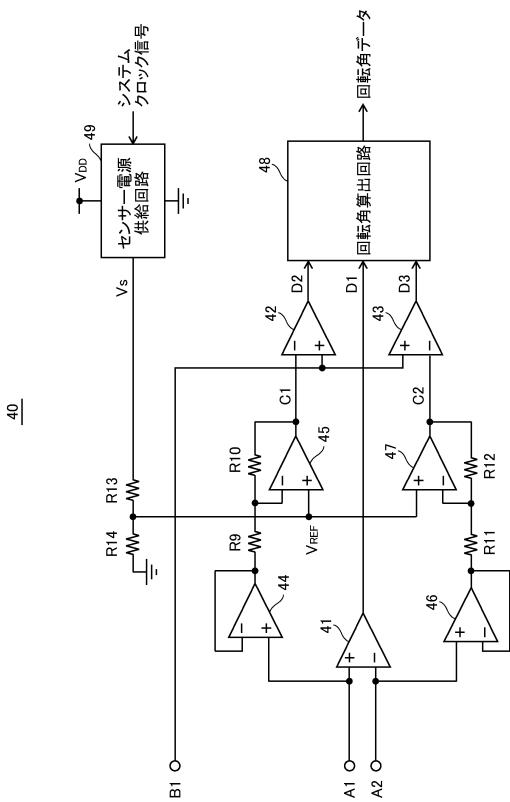
【図5】



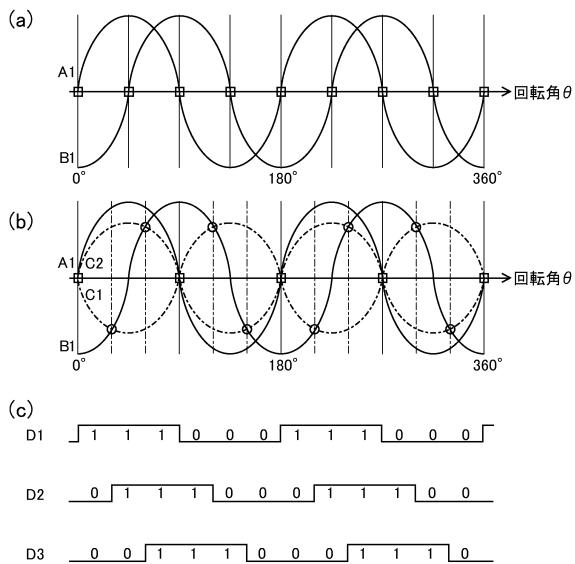
【図6】



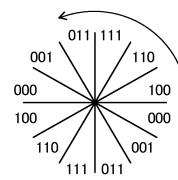
【図7】



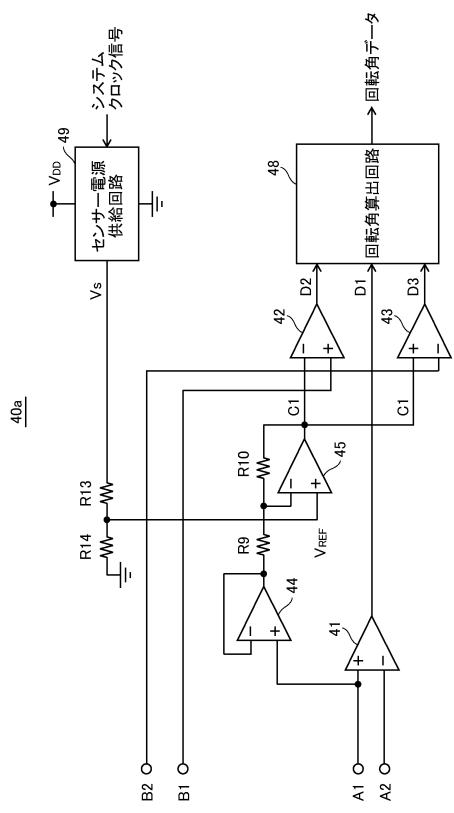
【図8】



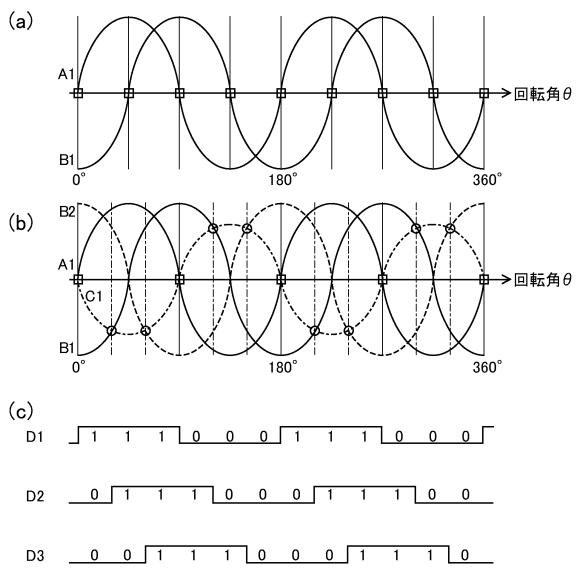
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(56)参考文献 実開昭60-161820(JP, U)
特開2012-127783(JP, A)
特開2008-134181(JP, A)
特開昭64-32118(JP, A)
特開昭60-17364(JP, A)
特開2000-180206(JP, A)
米国特許第5012239(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 D 5 / 00 - 5 / 25 2
G 01 R 33 / 00 - 33 / 18
G 01 B 7 / 00 - 7 / 34