

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6271593号
(P6271593)

(45) 発行日 平成30年1月31日(2018.1.31)

(24) 登録日 平成30年1月12日(2018.1.12)

(51) Int.Cl.

G01D 5/14 (2006.01)

F 1

G01D 5/14

H

請求項の数 34 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2015-558010 (P2015-558010)
 (86) (22) 出願日 平成26年1月15日 (2014.1.15)
 (65) 公表番号 特表2016-507071 (P2016-507071A)
 (43) 公表日 平成28年3月7日 (2016.3.7)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2014/011580
 (87) 國際公開番号 WO2014/126670
 (87) 國際公開日 平成26年8月21日 (2014.8.21)
 審査請求日 平成28年10月25日 (2016.10.25)
 (31) 優先権主張番号 13/766,327
 (32) 優先日 平成25年2月13日 (2013.2.13)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 501105602
 アレグロ・マイクロシステムズ・エルエル
 シー
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州016
 06, ウスター, ノースイースト・カット
 オフ 115
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100101373
 弁理士 竹内 茂雄
 (74) 代理人 100118902
 弁理士 山本 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】角度補正モジュールを備える磁界センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の磁界検知素子であって、前記複数の磁界検知素子の各々が、 $x - y$ 平面における磁界に応答してそれぞれの $x - y$ 出力信号を生成するように構成された、複数の磁界検知素子と、

前記 $x - y$ 出力信号を受け取るように結合され、 $x - y$ 平面における前記磁界の角度を表す補正されていない $x - y$ 角度値を生成するように構成された角度処理回路であって、前記補正されていない $x - y$ 角度値が、第1の角度誤差成分を含む、角度処理回路と、

前記角度処理回路に結合され、前記補正されていない $x - y$ 角度値の誤差を示す $x - y$ 角度誤差値を生成するように構成された角度誤差補正モジュールであって、正弦波誤差関係を使用して前記磁界の角度について正弦波の前記第1の角度誤差成分を記述するように構成されたアルゴリズムモジュールを含む、角度誤差補正モジュールと、

前記角度誤差補正モジュールに結合され、複数の正弦値を記憶するように構成された正弦参照テーブルと、

前記角度誤差補正モジュールに結合され、前記正弦波誤差関係の振幅および位相を表す複数の補正係数を記憶するように構成された係数テーブルメモリであって、前記角度誤差補正モジュールは、前記複数の正弦値のうちの選択された正弦値および前記正弦波誤差関係における前記複数の補正係数のうちの選択された補正係数を使用して、前記 $x - y$ 角度誤差値を決定するようにさらに構成される、係数テーブルメモリと、

前記補正されていない $x - y$ 角度値を前記 $x - y$ 角度誤差値と組み合わせて、前記第1

10

20

の角度誤差成分より小さい第2の角度誤差成分を有する補正されたx-y角度値を生成するように構成された組合せモジュールと、
を備え、

前記複数の補正係数が、複数の温度区間のそれぞれの境界に関連付けられ、各温度区間が、温度の対によって境界され、

温度を表す温度信号を生成するように構成された温度センサを備え、前記角度誤差訂正モジュールは、

前記温度信号を表す温度値を受け取るように結合され、前記温度値が含まれる温度区間を識別するように構成された区間識別モジュールと、

前記識別された温度区間に関連付けられた複数の前記補正係数を受け取るように結合され、前記温度値を受け取るように結合され、前記温度値に従って前記補正係数の対の間を補間して複数の補間された補正係数を生成するように構成された補間モジュールと、 10
を備え、

前記アルゴリズムモジュールは、前記複数の補間された補正係数を受け取るように結合され、前記複数の補間された補正係数を使用してアルゴリズムを適用して前記x-y角度誤差値を生成するように構成される磁界センサ。

【請求項2】

前記複数の磁界検知素子は、円形縦型ホール(CVH)素子として配置された複数の縦型ホール効果素子を含み、前記複数の縦型ホール効果素子の各々は、半導体基板の第1の主表面における共通円形注入および拡散領域の上に配置され、前記複数の縦型ホール効果素子は、前記半導体基板の前記第1の表面に平行なx-y平面における方向成分を有する磁界に応答して、それぞれの複数のx-y出力信号を生成するように構成され、前記x-y平面は、x方向、および前記x方向に直交するy方向を有し、前記複数のx-y出力信号は、複数のサイクル周期で生成され、各サイクル周期は、前記CVH検知素子の周りの1サイクルに対応し、前記サイクル周期は、サイクルレートで発生する、請求項1に記載の磁界センサ。 20

【請求項3】

前記選択された正弦値は、前記補正されていないx-y角度値に従って選択される、請求項2に記載の磁界センサ。

【請求項4】

前記選択された正弦値は、前記補正されていないx-y角度値に従って、および補間された位相補正係数に従って選択される、請求項2に記載の磁界センサ。 30

【請求項5】

前記アルゴリズムモジュールは、温度依存正弦波誤差関係を使用して、前記磁界の前記角度について正弦波の前記第1の角度誤差成分を記述するように構成され、前記複数の補正係数は、

対応する複数の異なる温度における前記正弦波誤差関係の1つまたは複数の高調波の振幅および位相を表す複数の補正係数を含む、請求項2に記載の磁界センサ。

【請求項6】

前記複数の補正係数は、前記対応する複数の異なる温度における前記正弦波誤差関係の第1および第2の高調波の振幅および位相を表す複数の補正係数をさらに含む、請求項5に記載の磁界センサ。 40

【請求項7】

前記複数の補正係数は、前記対応する複数の異なる温度における前記正弦波誤差関係の平均角度誤差の振幅を表す複数の補正係数をさらに含む、請求項5に記載の磁界センサ。

【請求項8】

プログラム制御値を受け取るように結合されたプログラム制御レジスタをさらに備え、前記補間モジュールは、前記プログラム制御値を表す値を受け取るように結合され、前記プログラム制御値に応答して、前記補間モジュールは、複数の正弦波誤差関係のうちから前記正弦波誤差関係を選択するように構成された、請求項5に記載の磁界センサ。 50

【請求項 9】

プログラム制御値を受け取るように結合されたプログラム制御レジスタをさらに備え、前記補間モジュールは、前記プログラム制御値を表す値を受け取るように結合され、前記プログラム制御値に応答して、前記補間モジュールは、複数の補間タイプのうちから補間タイプを選択するように構成された、請求項2に記載の磁界センサ。

【請求項 10】

前記補間モジュールは、線形補間を生成するように構成された、請求項2に記載の磁界センサ。

【請求項 11】

前記補間モジュールは、非線形補間を生成するように構成された、請求項2に記載の磁界センサ。

10

【請求項 12】

前記複数の温度区間の境界は、不均等に温度間隔が空けられる、請求項2に記載の磁界センサ。

【請求項 13】

前記温度センサに結合された温度変化検出モジュールをさらに備え、前記温度変化検出モジュールは、温度の変化を検出し、温度の変化を示すまたは温度変化がないことを示す温度変化信号を生成するように構成され、前記補間モジュールは、前記温度変化モジュールに結合され、前記温度変化信号が温度の変化を示すときに前記複数の補間された補正係数を変更し、前記温度変化信号が温度変化がないことを示すときに前記複数の補間された補正係数を維持するように構成された、請求項2に記載の磁界センサ。

20

【請求項 14】

前記サイクルレートに関係付けられた制御信号を受け取るように結合され、前記サイクルレートに従ってサイクルレート補正值を生成するように構成された補正対レートモジュールと、

前記サイクルレート補正值を前記x - y角度誤差値と組み合わせて、前記第2の角度誤差成分より小さい第3の角度誤差成分を含むさらに補正されたx - y角度値を生成するように構成された第2の組合せモジュールと、
をさらに備える、請求項2に記載の磁界センサ。

【請求項 15】

30

前記C V H検知素子の電流スピニシーケンスに関係付けられた制御信号を受け取るように結合され、前記電流スピニシーケンスに従って電流スピニシーケンス補正值を生成するように構成された補正対電流スピニシーケンスモジュールと、

前記電流スピニシーケンス補正值を前記角度誤差値と組み合わせて、前記第2の角度誤差成分より小さい第3の角度誤差成分を含むさらに補正されたx - y角度値を生成するように構成された第2の組合せモジュールと、
をさらに備える、請求項2に記載の磁界センサ。

【請求項 16】

前記磁界の振幅に関係付けられた制御信号を受け取るように結合され、前記磁界の前記振幅に従って磁界強度補正值を生成するように構成された補正対磁界強度モジュールと、

40

磁界強度補正值を前記角度誤差値と組み合わせて、前記第2の角度誤差成分より小さい第3の角度誤差成分を含むさらに補正されたx - y角度値を生成するように構成された第2の組合せモジュールと、

をさらに備える、請求項2に記載の磁界センサ。

【請求項 17】

磁界センサの誤差を低減させる方法であって、

複数の磁界検知素子を提供するステップであって、前記複数の磁界検知素子の各々が、
x - y平面における磁界に応答してそれぞれのx - y出力信号を生成するように構成される、ステップと、

前記x - y出力信号を使用して、x - y平面における前記磁界の角度を表す補正されて

50

いない $x - y$ 角度値を生成するステップであって、前記補正されていない $x - y$ 角度値が、第 1 の角度誤差成分を含む、ステップと、

正弦波誤差関係を使用して前記磁界の角度について正弦波の前記第 1 の角度誤差成分を記述するステップと、

複数の正弦値を記憶するステップと、

前記正弦波誤差関係の振幅および位相を表す複数の補正係数を記憶するステップと、

前記複数の正弦値のうちの選択された正弦値および前記正弦波誤差関係における前記複数の補正係数のうちの選択された補正係数を使用して、前記 $x - y$ 角度誤差値を決定するステップと、

前記補正されていない $x - y$ 角度値を前記 $x - y$ 角度誤差値と組み合わせて、前記第 1 の角度誤差成分より小さい第 2 の角度誤差成分を有する補正された $x - y$ 角度値を生成するステップと、

を含み、

前記複数の補正係数が、複数の温度区間のそれぞれの境界に関連付けられ、各温度区間が、温度の対によって境界され、前記 $x - y$ 角度誤差値を生成するステップは、

温度を表す温度信号を生成するステップと、

前記温度値が含まれる温度区間を識別するステップと、

前記温度値に従って前記補正係数の対の間を補間して、複数の補間された補正係数を生成するステップと、

前記複数の補間された補正係数を使用してアルゴリズムを適用して、前記 $x - y$ 角度誤差値を生成するステップと、

をさらに含む、方法。

【請求項 1 8】

前記複数の磁界検知素子は、円形縦型ホール (C V H) 素子として配置された複数の縦型ホール効果素子を含み、前記複数の縦型ホール効果素子の各々は、半導体基板の第 1 の主表面における共通円形注入および拡散領域の上に配置され、前記複数の縦型ホール効果素子は、前記半導体基板の前記第 1 の表面に平行な $x - y$ 平面における方向成分を有する磁界に応答して、それぞれの複数の $x - y$ 出力信号を生成するように構成され、前記 $x - y$ 平面は、 x 方向、および前記 x 方向に直交する y 方向を有し、前記複数の $x - y$ 出力信号は、複数のサイクル周期で生成され、各サイクル周期は、前記 C V H 検知素子の周りの 1 サイクルに対応し、前記サイクル周期は、サイクルレートで発生する、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記選択された正弦値は、前記補正されていない $x - y$ 角度値に従って選択される、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記選択された正弦値は、前記補正されていない $x - y$ 角度値に従って、および補間された位相係数に従って選択される、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記アルゴリズムを適用するステップは、

温度依存正弦波誤差関係を使用して、前記磁界の前記角度について正弦波の前記第 1 の角度誤差成分を記述するステップを含み、前記複数の補正係数は、

対応する複数の異なる温度における前記正弦波誤差関係の 1 つまたは複数の高調波の振幅および位相を表す複数の補正係数を含む、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記複数の補正係数は、前記対応する複数の異なる温度における前記正弦波誤差関係の第 1 および第 2 の高調波の振幅および位相を表す複数の補正係数をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記複数の補正係数は、前記対応する複数の異なる温度における前記正弦波誤差関係の

10

20

30

40

50

平均角度誤差の振幅を表す複数の補正係数をさらに含む、請求項2_1に記載の方法。

【請求項 2_4】

プログラム制御値を受け取るステップと、
複数の正弦波誤差関係のうちから前記正弦波誤差関係を選択するステップと、
をさらに含む請求項2_1に記載の方法。

【請求項 2_5】

プログラム制御値を受け取るステップと、
複数の補間タイプのうちから補間タイプを選択するステップと、
をさらに含む請求項1_8に記載の方法。

【請求項 2_6】

前記補間モジュールは、線形補間を生成するように構成された、請求項1_8に記載の方法。

10

【請求項 2_7】

前記補間モジュールは、非線形補間を生成するように構成された、請求項1_8に記載の方法。

【請求項 2_8】

前記複数の温度区間の境界は、不均等に温度間隔が空けられる、請求項1_8に記載の方法。

【請求項 2_9】

温度の変化を検出するステップと、
温度の変化を示すまたは温度変化がないことを示す温度変化信号を生成するステップと、

20

前記温度変化信号が温度の変化を示すときに前記複数の補間された補正係数を変更し、
前記温度変化信号が温度変化がないことを示すときに前記複数の補間された補正係数を維持するステップと、
をさらに含む、請求項1_8に記載の方法。

【請求項 3_0】

前記サイクルレートに従ってサイクルレート補正值を生成するステップと、
前記サイクルレート補正值を、前記角度誤差値および前記補正されていない角度値と組み合わせて、前記第2の角度誤差成分より小さい第3の角度誤差成分を含むさらに補正されたx - y角度値を生成するステップと、
をさらに含む、請求項1_8に記載の方法。

30

【請求項 3_1】

電流スピニーケンスに従って電流スピニーケンス補正值を生成するステップと、
前記電流スピニーケンス補正值を前記角度誤差値と組み合わせて、前記第2の角度誤差成分より小さい第3の角度誤差成分を含むさらに補正されたx - y角度値を生成するステップと、
をさらに含む、請求項1_8に記載の方法。

【請求項 3_2】

前記磁界の振幅に従って磁界強度補正值を生成するステップと、
前記磁界強度補正值を前記角度誤差値と組み合わせて、前記第2の角度誤差成分より小さい第3の角度誤差成分を含むさらに補正されたx - y角度値を生成するステップと、
をさらに含む、請求項1_8に記載の方法。

40

【請求項 3_3】

プログラム制御値を受け取るように結合されたプログラム制御レジスタをさらに備え、
前記補間モジュールは、前記プログラム制御値を表す値を受け取るように結合され、前記
プログラム制御値に応答して、前記補間モジュールは、前記プログラム制御値に従って、
複数の正弦波誤差関係のうちから前記正弦波誤差関係を選択するように構成される、請求
項1に記載の磁界センサ。

【請求項 3_4】

50

プログラム制御値を受け取るステップと、

前記プログラム制御値に従って、複数の正弦波誤差関係のうちから前記正弦波誤差関係を選択するステップと、

をさらに含む、請求項1-7に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に磁界センサに関し、より詳細には、角度誤差が低減される対象物体の回転の角度を表す出力信号を提供することができる磁界センサに関する。

【背景技術】

10

【0002】

磁界検知素子は、種々の用途で使用されることが可能であり、ある用途では、磁界の方向、すなわち磁界の方向の角度を検出するために使用され得る。

【0003】

プレーナホール素子および縦型ホール素子は、既知のタイプの磁界検知素子である。プレーナホール素子は、プレーナホール素子が形成された基板の表面に垂直な磁界に応答する傾向がある。縦型ホール素子は、縦型ホール素子が形成された基板の表面に平行な磁界に応答する傾向がある。

【0004】

20

他のタイプの磁界検知素子が知られている。たとえば、複数の縦型磁界検知素子を含むいわゆる「円形縦型ホール」(CVH)検知素子が知られており、これは、2008年5月28日に出願の「Magnetic Field Sensor for Measuring Direction of a Magnetic Field in a Plane(面内の磁界の方向を測定する磁界センサ)」という名称のPCT特許出願PCT/EP2008/056517に記載され、PCT公報WO2008/145662に英語で公開されており、これらの出願および公報は参照により全体が本明細書に組み込まれる。CVH検知素子は、基板における共通円形注入および拡散領域にわたって配置された縦型ホール素子の円形配置である。共通円形注入および拡散領域は、半導体分離構造によって境界された基板の上の共通のエビ(エピタキシャル)領域(たとえば層)とすることができる。CVH検知素子は、基板の面内の磁界の方向(すなわち角度)(および任意選択で強度)を検知するために使用され得る。

30

【0005】

種々のパラメータが、磁界検知素子および磁界検知素子を使用する磁界センサの性能を特徴付ける。これらのパラメータは、磁気検知素子が受ける磁界の変化に応答する磁界検知素子の出力信号の変化である感度、および磁界検知素子の出力信号が磁界に正比例して変わること度である線形性を含む。これらのパラメータはまた、磁界検知素子がゼロ磁界を受けるときにゼロ磁界を表さない磁界検知素子からの出力信号によって特徴付けられるオフセットを含む。

【0006】

40

上記のCVH検知素子は、関連付けられた回路とともに、磁界の方向の角度を表す出力信号を提供するように動作可能である。したがって、後述するように、磁石が、いわゆる「対象物体」たとえばエンジン内のカムシャフト上に配設され、または別様に結合された場合、CVH検知素子は、対象物体の回転の角度を表す出力信号を提供するために使用され得る。

【0007】

CVH検知素子は、磁界の角度を表す出力信号を提供することができる単一の要素、たとえば、角度センサである。たとえば、角度センサは、複数の個別縦型ホール素子または複数の磁気抵抗素子から提供され得る。磁界の角度に関連付けられた出力信号を生成する磁界検知素子は、集合的に、本明細書では「角度検知素子」と呼ばれる。

【0008】

50

さらなるパラメータが、角度検知要素たとえば C V H 検知素子の性能を特徴付ける可能性がある。1つのそのようなパラメータは、角度検知素子によって生成された出力信号の角度精度である。角度精度は、すべての磁界指示角度で同じ平均角度誤差と、異なる磁界角度で異なる角度誤差（すなわち非線形性誤差）との両方を有し得る。別のパラメータは、角度検知要素が磁界の角度を伝達することが可能な速度である。この速度は、磁界の角度が急速に変化し得る用途において特に重要であることは理解されよう。

【0009】

角度検知素子を特徴付けることが可能ないいくつかのパラメータは温度とともに変化する傾向があることが知られている。

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

角度検知素子からの出力信号を処理して、高い角度精度および比較的高速度を有する出力信号を提供することができる回路および技法を提供することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、角度検知素子からの出力信号を処理して、高い角度精度および比較的高速度を有する出力信号を提供することができる回路および技法を提供する。

【0012】

20

一態様によれば、磁界センサが、複数の磁界検知素子を含み、複数の磁界検知素子の各々が、x - y 平面における磁界に応答してそれぞれの x - y 出力信号を生成するように構成される。磁界センサはまた、x - y 出力信号を受け取るように結合され、x - y 平面における磁界の角度を表す補正されていない x - y 角度値を生成するように構成された角度処理回路を含む。補正されていない x - y 角度値が、第 1 の角度誤差成分を含む。磁界センサはまた、角度処理回路に結合され、補正されていない x - y 角度値の誤差を示す x - y 角度値を生成するように構成された角度誤差補正モジュールを含む。磁界センサはまた、補正されていない x - y 角度値を x - y 角度誤差値と組み合わせて、第 1 の角度誤差成分より小さい第 2 の角度誤差成分を有する補正された x - y 角度値を生成するように構成された組合せモジュールを含む。

【0013】

30

いくつかの実施形態では、上記の磁界センサは、以下の態様の 1 つまたは複数を任意の組合せで含むことができる。

【0014】

いくつかの実施形態では、上記の磁界センサは、

複数の補正係数を記憶するように構成された係数テーブルメモリであって、複数の補正係数が、複数の温度区間のそれぞれの境界に関連付けられ、各温度区間が、温度の対によって境界される、係数テーブルメモリと、

温度を表す温度信号を生成するように構成された温度センサと、をさらに備え、角度誤差訂正モジュールは、

温度信号を表す温度値を受け取るように結合され、温度値が含まれる温度区間を識別するように構成された区間識別モジュールと、

識別された温度区間に関連付けられた複数の補正係数を受け取るように結合され、温度値を受け取るように結合され、温度値に従って補正係数の対の間を補間して複数の補間された補正係数を生成するように構成された補間モジュールと、

複数の補間された補正係数を受け取るように結合され、複数の補間された補正係数を使用してアルゴリズムを適用して x - y 角度誤差値を生成するように構成されたアルゴリズムモジュールと、を備える。

【0015】

上記の磁界センサのいくつかの実施形態では、複数の磁界検知素子は、円形縦型ホール (C V H) 素子として配置された複数の縦型ホール効果素子を含み、複数の縦型ホール効

40

50

果素子の各々は、半導体基板の第1の主表面における共通円形注入および拡散領域の上に配置され、複数の縦型ホール効果素子は、半導体基板の第1の表面に平行なx-y平面における方向成分を有する磁界に応答して、それぞれの複数のx-y出力信号を生成するよう構成され、x-y平面は、x方向、およびx方向に直交するy方向を有し、複数のx-y出力信号は、複数のサイクル周期で生成され、各サイクル周期は、C V H検知素子の周りの1サイクルに対応し、サイクル周期は、サイクルレートで発生する。

【0016】

いくつかの実施形態では、上記の磁界センサは、複数の正弦値を記憶するための正弦参照テーブルをさらに備え、アルゴリズムモジュールは、複数の正弦値のうちから選択された正弦値を受け取り、選択された正弦値も使用してアルゴリズムを適用するように結合される。

10

【0017】

上記の磁界センサのいくつかの実施形態では、選択された正弦値は、補正されていないx-y角度値に従って選択される。

【0018】

上記の磁界センサのいくつかの実施形態では、選択された正弦値は、x-y角度値に従って、および補間された位相係数に従って選択される。

【0019】

上記の磁界センサのいくつかの実施形態では、角度誤差補正モジュールは、温度依存正弦波誤差関係を使用して、磁界の角度について正弦波の第1の角度誤差成分を記述するよう構成され、複数の補正係数は、

20

対応する複数の異なる温度における正弦波誤差関係の1つまたは複数の高調波のそれぞれの大きさおよび位相を表す複数の補正係数を含む。

【0020】

上記の磁界センサのいくつかの実施形態では、複数の補正係数は、対応する複数の異なる温度における正弦波誤差関係の第1および第2の高調波のそれぞれの大きさおよび位相を表す複数の補正係数をさらに含む。

【0021】

上記の磁界センサのいくつかの実施形態では、複数の補正係数は、対応する複数の異なる温度における正弦波誤差関係の平均角度誤差のそれぞれの大きさを表す複数の補正係数をさらに含む。

30

【0022】

いくつかの実施形態では、上記の磁界センサは、プログラム制御値を受け取るように結合されたプログラム制御レジスタをさらに含み、補間モジュールは、プログラム制御値を表す値を受け取るように結合され、プログラム制御値に応答して、補間モジュールは、複数の正弦波誤差関係のうちから正弦波誤差関係を選択するよう構成される。

【0023】

いくつかの実施形態では、上記の磁界センサは、プログラム制御値を受け取るように結合されたプログラム制御レジスタをさらに含み、補間モジュールは、プログラム制御値を表す値を受け取るように結合され、プログラム制御値に応答して、補間モジュールは、複数の補間タイプのうちから補間タイプを選択するよう構成される。

40

【0024】

上記の磁界センサのいくつかの実施形態では、補間モジュールは、線形補間を生成するよう構成される。

【0025】

上記の磁界センサのいくつかの実施形態では、補間モジュールは、非線形補間を生成するよう構成される。

【0026】

上記の磁界センサのいくつかの実施形態では、複数の温度区間の境界は、不均等に温度間隔が空けられる。

50

【0027】

いくつかの実施形態では、上記の磁界センサは、

温度センサに結合された温度変化検出モジュールをさらに備え、温度変化検出モジュールは、温度の変化を検出し、温度の変化を示すまたは温度変化無しを示す温度変化信号を生成するように構成され、補間モジュールは、温度変化モジュールに結合され、温度変化信号が温度の変化を示すときに複数の補間された補正係数を変更し、温度変化信号が温度変化無しを示すときに複数の補間された補正係数を維持するように構成される。

【0028】

いくつかの実施形態では、上記の磁界センサは、

サイクルレートに関係付けられた制御信号を受け取るように結合され、サイクルレートに従ってサイクルレート補正值を生成するように構成された補正対レートモジュール (correction versus rate module) と、

サイクルレート補正值を $x - y$ 角度誤差値と組み合わせて、第 2 の角度誤差成分より小さい第 3 の角度誤差成分を含むさらに補正された $x - y$ 角度値を生成するように構成された第 2 の組合せモジュールと、をさらに含む。

【0029】

いくつかの実施形態では、上記の磁界センサは、

CVH 検知素子の電流スピニーケンスに関係付けられた制御信号を受け取るように結合され、電流スピニーケンスに従って電流スピニーケンス補正值を生成するように構成された補正対電流スピニーケンスモジュール (correction versus current spin sequence module) と、

電流スピニーケンス補正值を角度誤差値と組み合わせて、第 2 の角度誤差成分より小さい第 3 の角度誤差成分を含むさらに補正された $x - y$ 角度値を生成するように構成された第 2 の組合せモジュールと、をさらに含む。

【0030】

いくつかの実施形態では、上記の磁界センサは、

磁界の大きさに関係付けられた制御信号を受け取るように結合され、磁界の大きさに従って磁界強度補正值を生成するように構成された補正対磁界強度モジュール (correction versus magnetic field strength module) と、

磁界強度補正值を角度誤差値と組み合わせて、第 2 の角度誤差成分より小さい第 3 の角度誤差成分を含むさらに補正された $x - y$ 角度値を生成するように構成された第 2 の組合せモジュールと、をさらに含む。

【0031】

別の態様によれば、磁界センサの誤差を低減させる方法が、複数の磁界検知素子を提供するステップを含む。複数の磁界検知素子の各々が、 $x - y$ 平面における磁界に応答してそれぞれの $x - y$ 出力信号を生成するように構成される。この方法はまた、 $x - y$ 出力信号を使用して、 $x - y$ 平面における磁界の角度を表す補正されていない $x - y$ 角度値を生成するステップを含む。補正されていない $x - y$ 角度値は、第 1 の角度誤差成分を含む。この方法はまた、第 1 の角度誤差成分より小さい第 2 の角度誤差成分を有する補正された $x - y$ 角度値を提供するように、補正されていない $x - y$ 角度値を補正するステップを含む。

【0032】

いくつかの実施形態では、上記方法は、以下の態様の 1 つまたは複数を任意の組合せで含むことができる。

【0033】

上記方法のいくつかの実施形態では、補正されていない $x - y$ 角度値を補正するステップは、

複数の補正係数を記憶するステップであって、複数の補正係数が、複数の温度区間のそれぞれの境界に関連付けられ、各温度区間が、温度の対によって境界される、ステップと、

10

20

30

40

50

温度を表す温度信号を生成するステップと、
 温度値が含まれる温度区間を識別するステップと、
 温度値に従って補正係数の対の間を補間して、複数の補間された補正係数を生成するステップと、
 複数の補間された補正係数を使用してアルゴリズムを適用して、 $x - y$ 角度誤差値を生成するステップと、を含み、組み合わせるステップは、
 補正されていない $x - y$ 角度値を $x - y$ 角度誤差値と組み合わせて、補正された $x - y$ 角度値を生成するステップを含む。

【0034】

上記方法のいくつかの実施形態では、複数の磁界検知素子は、円形縦型ホール (C V H) 素子として配置された複数の縦型ホール効果素子を含み、複数の縦型ホール効果素子の各々は、半導体基板の第1の主表面における共通円形注入および拡散領域の上に配置され、複数の縦型ホール効果素子は、半導体基板の第1の表面に平行な $x - y$ 平面における方向成分を有する磁界に応答して、それぞれの複数の $x - y$ 出力信号を生成するように構成され、 $x - y$ 平面は、 x 方向、および x 方向に直交する y 方向を有し、複数の $x - y$ 出力信号は、複数のサイクル周期で生成され、各サイクル周期は、C V H 検知素子の周りの1サイクルに対応し、サイクル周期は、サイクルレートで発生する。

【0035】

いくつかの実施形態では、上記方法は、複数の正弦値を記憶するステップをさらに含み、アルゴリズムを適用するステップは、
 複数の正弦値のうちから正弦値を選択するステップと、
 選択された正弦値を使用してアルゴリズムを適用するステップと、をさらに含む。

【0036】

上記方法のいくつかの実施形態では、選択された正弦値は、補正されていない $x - y$ 角度値に従って選択される。

【0037】

上記方法のいくつかの実施形態では、選択された正弦値は、補正されていない $x - y$ 角度値に従って、および補間された位相係数に従って選択される。

【0038】

上記方法のいくつかの実施形態では、アルゴリズムを適用するステップは、
 温度依存正弦波誤差関係を使用して、磁界の角度について正弦波の第1の角度誤差成分を記述するステップを含み、複数の補正係数は、
 対応する複数の異なる温度における正弦波誤差関係の1つまたは複数の高調波のそれぞれの大きさおよび位相を表す複数の補正係数を含む。

【0039】

上記方法のいくつかの実施形態では、複数の補正係数は、対応する複数の異なる温度における正弦波誤差関係の第1および第2の高調波のそれぞれの大きさおよび位相を表す複数の補正係数をさらに含む。

【0040】

上記方法のいくつかの実施形態では、複数の補正係数は、対応する複数の異なる温度における正弦波誤差関係の平均角度誤差のそれぞれの大きさを表す複数の補正係数をさらに含む。

【0041】

いくつかの実施形態では、上記方法は、
 プログラム制御値を受け取るステップと、
 複数の正弦波誤差関係のうちから正弦波誤差関係を選択するステップと、をさらに含む。

【0042】

いくつかの実施形態では、上記方法は、
 プログラム制御値を受け取るステップと、

10

20

30

40

50

複数の補間タイプのうちから補間タイプを選択するステップと、をさらに含む。

【0043】

上記方法のいくつかの実施形態では、補間モジュールは、線形補間を生成するように構成される。

【0044】

上記方法のいくつかの実施形態では、補間モジュールは、非線形補間を生成するように構成される。

【0045】

上記方法のいくつかの実施形態では、複数の温度区間の境界は、不均等に温度間隔が空けられる。

10

【0046】

いくつかの実施形態では、上記方法は、

温度の変化を検出するステップと、

温度の変化を示すまたは温度変化無しを示す温度変化信号を生成するステップと、

温度変化信号が温度の変化を示すときに複数の補間された補正係数を変更し、温度変化信号が温度変化無しを示すときに複数の補間された補正係数を維持するステップと、をさらに含む。

【0047】

いくつかの実施形態では、上記方法は、

サイクルレートに従ってサイクルレート補正值を生成するステップと、

20

サイクルレート補正值を、角度誤差値および補正されていない角度値と組み合わせて、第2の角度誤差成分より小さい第3の角度誤差成分を含むさらに補正されたx - y角度値を生成するステップと、をさらに含む。

【0048】

いくつかの実施形態では、上記方法は、

電流スピニングシーケンスに従って電流スピニングシーケンス補正值を生成するステップと、

電流スピニングシーケンス補正值を角度誤差値と組み合わせて、第2の角度誤差成分より小さい第3の角度誤差成分を含むさらに補正されたx - y角度値を生成するステップと、をさらに含む。

【0049】

30

いくつかの実施形態では、上記方法は、

磁界の大きさに従って磁界強度補正值を生成するステップと、

磁界強度補正值を角度誤差値と組み合わせて、第2の角度誤差成分より小さい第3の角度誤差成分を含むさらに補正されたx - y角度値を生成するステップと、をさらに含む。

【0050】

本発明の上記の特徴および本発明自体は、以下の図面の詳細な説明からより完全に理解され得る。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】図1は、共通注入領域にわたって円形に配置された複数の縦型ホール素子を有する円形縦型ホール（CVH）検知素子、およびCVH検知素子の近くに配設された二極磁石を示す図である。図1Aは、複数の磁界検知素子を示す図である。

40

【図2】図1のCVH検知素子によって、または図1Aの複数の磁界検知素子によって生成され得る出力信号を示すグラフである。

【図3】CVH検知素子を有し、電流スピニングフェーズシーケンスの変動を伴うCVH検知素子内の縦型ホール素子の電流スピニングを提供するように構成された電流スピニングシーケンス選択モジュールを有し、また、角度誤差を低減させるために適用され得る角度誤差値を推定するように構成された角度誤差補正モジュールを有する、例示的な磁界センサのプロック図である。

【図4】各々が図3のCVH検知素子の縦型ホール素子の1つの動作に関連付けられた4

50

つの電流スピニングフェーズのうちの1つに結合された場合の、図3のC V H検知素子の縦型ホール素子を示すブロック図である。

【図4A】各々が図3のC V H検知素子の縦型ホール素子の1つの動作に関連付けられた4つの電流スピニングフェーズのうちの1つに結合された場合の、図3のC V H検知素子の縦型ホール素子を示すブロック図である。

【図4B】各々が図3のC V H検知素子の縦型ホール素子の1つの動作に関連付けられた4つの電流スピニングフェーズのうちの1つに結合された場合の、図3のC V H検知素子の縦型ホール素子を示すブロック図である。

【図4C】各々が図3のC V H検知素子の縦型ホール素子の1つの動作に関連付けられた4つの電流スピニングフェーズのうちの1つに結合された場合の、図3のC V H検知素子の縦型ホール素子を示すブロック図である。 10

【図5】図3の磁界センサの理想的および非理想的動作を示すグラフである。

【図6】図3の角度誤差補正モジュールのさらなる詳細を示すブロック図である。

【図7】単一のプレーナホール素子を有し、電流スピニングフェーズを制御するための電流スピニングフィルタ制御モジュールを有する、磁界センサのブロック図である。

【図8】電流スピニングフェーズシーケンスを反復して動作させる場合の、図7の磁界センサの動作の周波数領域を示すグラフである。

【図9】電流スピニングフェーズシーケンスを変えて動作させる場合の、図7の磁界センサの動作の周波数領域を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】 20

【0052】

本明細書で使用される場合、用語「磁界検知素子」は、磁界を検知できる種々のタイプの電子素子を記述するのに使用される。磁界検知素子は、ホール効果素子、磁気抵抗素子、または磁気トランジスタとすることができますが、これらに限定されない。知られているように、様々なタイプのホール効果素子、たとえば、プレーナホール素子、縦型ホール素子、および円形縦型ホール(C V H)素子がある。やはり知られているように、様々なタイプの磁気抵抗素子、たとえば、アンチモン化インジウム(I n S b)などの半導体磁気抵抗素子、巨大磁気抵抗(G M R)素子、異方性磁気抵抗素子(A M R)、トンネリング磁気抵抗(T M R)素子、および磁気トンネル接合(M T J)素子がある。磁界検知素子は、単一素子であってよく、あるいは、種々の構成、たとえば、ハーフブリッジまたはフル(ホイートストン)ブリッジで配置された2つ以上の磁界検知素子を含んでもよい。デバイスタイプおよび他の適用要件に応じて、磁界検知素子は、シリコン(S i)もしくはゲルマニウム(G e)のようなI V族半導体材料、または、ヒ化ガリウム(G a A s)もしくはインジウム化合物たとえばアンチモン化インジウム(I n S b)のような化合物たとえばI I I - V族半導体材料からなるデバイスとすることができます。 30

【0053】

知られているように、上記の磁界検知素子の一部には、磁界検知素子を支持する基板に平行な最大感度の軸を有する傾向があり、上記の他の磁界検知素子には、磁界検知素子を支持する基板に垂直な最大感度の軸を有する傾向があるものがある。特に、プレーナホール素子は、基板に垂直な感度の軸を有する傾向がある一方、金属ベースまたは金属磁気抵抗素子(たとえば、G M R、T M R、A M R)および縦型ホール素子は、基板に平行な感度の軸を有する傾向がある。 40

【0054】

本明細書で使用される場合、用語「磁界センサ」は、一般に他の回路と組み合わせて磁界検知素子を使用する回路を記述するのに使用される。磁界センサは、磁界の方向の角度を検知する角度センサ、通電導体によって伝送される電流によって生成される磁界を検知する電流センサ、強磁性物体の近接を検知する磁気スイッチ、通過する強磁性物品たとえば環状磁石または強磁性対象(たとえば歯車)の磁区を検知する回転検出器(磁界センサがバックバイアスもしくは他の磁石と組み合わせて使用される)、ならびに磁界の磁界密度を検知する磁界センサを含むがこれらに限定されない種々の用途で使用される。 50

【0055】

複数の縦型ホール素子を有する円形縦型ホール（C V H）素子が以下の例で説明されるが、同じまたは同様の技法および回路が、磁界の向く方向の角度、すなわち、磁石が取付けられる対象物体の回転角度を検出する様式で配置された任意のタイプの磁界検知素子に適用されることを理解されたい。

【0056】

図1を参照すると、円形縦型ホール（C V H）検知素子12は、基板（図示せず）内に円形注入および拡散領域18を含む。C V H検知素子12は、複数の縦型ホール素子を有し、そのうちの縦型ホール素子12aは、ほんの一例である。いくつかの実施形態では、共通円形注入および拡散領域18は、半導体分離構造によって境界された基板の上の共通のエピタキシャル領域として特徴付けられ得る。

10

【0057】

各縦型ホール素子は、複数のホール素子接点（たとえば、4つまたは5つの接点）、たとえば12aaを有する。各縦型ホール素子は、共通注入および拡散領域18内に拡散された接点拡散領域（ピックアップ）にわたる金属接点から構成され得る。

【0058】

たとえば5つの隣接する接点を有することができるC V H検知素子12内の特定の縦型ホール素子（たとえば12a）は、5つの接点のうちのいくつか、たとえば4つを、次の縦型ホール素子（たとえば12b）と共有することができる。したがって、次の縦型ホール素子は、前の縦型ホール素子から1つの接点だけシフトされ得る。このような1つの接点分のシフトの場合、縦型ホール素子の数は、縦型ホール素子接点の数、たとえば、32個または64個に等しいことは理解されよう。しかしながら、次の縦型ホール素子が前の縦型ホール素子から2つ以上の接点分シフトされることも可能であり、その場合、C V H検知素子内に縦型ホール素子接点よりも少数の縦型ホール素子があることは理解されよう。

20

【0059】

図示されるように、縦型ホール素子0の中心は、x軸20に沿って配置することができる、縦型ホール素子8の中心は、y軸22に沿って配置することができる。例示的なC H V検知素子12では、32個の縦型ホール素子および32個の縦型ホール素子接点がある。しかしながら、C V Hは、32個より多数または少数の縦型ホール素子、および32個より多数または少数の縦型ホール素子接点を有することができる。

30

【0060】

いくつかの用途では、S側14aおよびN側14bを有する円形磁石14が、C V H12上にわたって配設され得る。円形磁石14は、N側14bからS側14aへの方向を有する磁界16を生成する傾向があり、ここでは、x軸20に対して約45度の方向に向けられるように示される。

【0061】

いくつかの用途では、円形磁石14は、回転する対象物体、たとえば、自動車ステアリングシャフトまたは自動車カムシャフトに機械的に連結され、C V H検知素子12に対して回転を受ける。この配置を用いると、C V H検知素子12は、後述される電子回路と組み合わされて、磁石14の回転の角度、すなわち、磁石が結合される対象物体の回転の角度に関係付けられた信号を生成することができる。

40

【0062】

次に図1Aを参照すると、複数の磁界検知素子30a～30hは、一般的な場合、任意のタイプの磁界検知素子とすることができます。磁界検知素子30a～30hは、たとえば、各々が基板34の表面に平行な最大応答の軸を有する個別の縦型ホール素子または個別の磁気抵抗素子であってもよい。これらの磁界検知素子は、図3および図6に関連して後述される電子回路と同じまたは同様の電子回路に結合され得る。また、磁界検知素子30a～30hの近傍に配置される図1の磁石14と同じまたは同様の磁石があってもよい。

【0063】

50

次に図2を参照すると、グラフ50は、C VH検知素子たとえば図1のC VH検知素子12の周りのC VH縦型ホール素子位置nの単位のスケールの横軸を有する。また、グラフ50は、ミリボルトの単位の振幅のスケールの縦軸を有する。縦軸は、C VH検知素子の接点の環について1つずつ順次に取られるC VH検知素子の複数の縦型ホール素子からの出力信号レベルを表す。

【0064】

グラフ50は、45度の方向を向く図1の磁界を用いて取られるC VHの複数の縦型ホール素子からの出力信号レベルを表す信号52を含む。

【0065】

図1を簡単に参照すると、上述のように、縦型ホール素子0はx軸20に沿って中心があり、縦型ホール素子8のy軸22に沿って中心がある。例示的なC VH検知素子12では、32個の縦型ホール素子接点、および対応する32個の縦型ホール素子があり、各縦型ホール素子は、複数の縦型ホール素子接点、たとえば、5つの接点を有する。他の実施形態では、64個の縦型ホール素子接点、および対応する64個の縦型ホール素子がある。

10

【0066】

図2では、正の45度を向く磁界16について、最大の正の信号は、図1の磁界16に位置合わせられた位置4に中心がある縦型ホール素子によって実現され、したがって、位置4における縦型ホール素子の縦型ホール素子接点（たとえば5つの接点）間に引かれた線が磁界に直角になる。最大の負の信号は、図1の磁界16にやはり位置合わせられた位置20に中心がある縦型ホール素子によって実現され、したがって、位置20における縦型ホール素子の縦型ホール素子接点（たとえば5つの接点）間に引かれた線が磁界に直角になる。

20

【0067】

正弦波54は、信号52の理想的挙動をより明確に示すために提供される。信号52は、縦型ホール素子オフセットに起因する変動を有し、これが出力信号の対応する変動を生じさせ、各素子についてのオフセット誤差に応じて、出力信号を正弦波54に対して高過ぎるまたは低過ぎるようにする傾向がある。オフセット信号誤差は望ましくない。

【0068】

図1のC VH検知素子12の全動作および図2の信号52の生成については、前述の2008年5月28日に出願の「Magnetic Field Sensor for Measuring Direction of a Magnetic Field in a Plane (面内の磁界の方向を測定する磁界センサ)」という名称のPCT特許出願PCT/EP2008/056517により詳細に説明されており、これはPCT公報WO2008/145662として英語で公開されている。

30

【0069】

各縦型ホール素子の接点のグループは、（本明細書では電流スピニングとも呼ばれる）チョッピングされた配置で使用され、各縦型ホール素子からチョッピングされた出力信号を生成することができる。その後、隣接する縦型ホール素子接点の新しいグループが選択可能であり（すなわち、新しい縦型ホール素子）、これは前のグループから1つの素子だけオフセットされ得る。新しいグループは、チョッピングされた配置で使用され、次のグループから別のチョッピングされた出力信号を生成することができ、以下同様である。

40

【0070】

信号52の各ステップは、チョッピングされない出力信号、すなわち、縦型ホール素子接点の1つの各グループから、すなわち、1つの各縦型ホール素子からのチョッピングされない出力信号を表す。したがって、順次に捉えられる32個の縦型ホール素子を有するC VH検知素子に関して、電流スピニングが使用されないとき、信号52において32個のステップがある。しかしながら、電流スピニングが使用される実施形態に関して、信号52の各ステップは、いくつかのサブステップ（図示せず、たとえば4つのサブステップ）から構成されることが可能であり、各サブステップは、電流スピニング「フェーズ」を

50

示す。

【0071】

電流スピニングおよび電流スピニングフェーズについては、図4～図4Dに関連して後でより完全に説明される。

【0072】

信号52の位相は、CVH検知素子12の位置ゼロに対する図1の磁界16の角度に関係付けられることは理解されよう。また、信号52のピーク振幅が、一般に磁界16の強度を表すことは理解されよう。PCT特許出願PCT/EP2008/056517の上述された電子回路技法、または後述される他の技法を用いて、信号52の位相（たとえば信号54の位相）を見出すことができ、この位相を、CVH検知素子12に対する図1の磁界16の向く方向を識別するために使用することができる。

10

【0073】

次に図3を参照すると、磁界センサ100は、複数の縦型ホール素子を有するCVH検知素子102を含み、各縦型ホール素子は、縦型ホール素子接点のグループ（たとえば、5つの縦型ホール素子接点）を備える。いくつかの実施形態では、CVH検知素子102は、図1に関連して上述されたCVH検知素子12と同じまたは同様にすることことができ、対象物体146に結合された二極磁石144の近傍に配設することができ、その磁石144は、図1の磁石14と同じまたは同様にすることができる。しかしながら、いくつかの実施形態では、CVH検知素子102は、図1Aに関連して前述されたものと同じまたは同様の磁界検知素子のグループに置換され得る。

20

【0074】

CVH検知素子102は、シーケンススイッチ104に結合することができ、シーケンススイッチ104は、CVH検知素子102の縦型ホール素子をシーケンス化して出力信号104aを提供し、出力信号104aは、図2のシーケンス化信号52と同じまたは同様であり得る。

【0075】

CVH検知素子102は、電流スピニングスイッチ105に結合することもでき、電流スピニングスイッチ105は、シーケンススイッチ104を介してCVH検知素子102に結合され得る。

【0076】

30

電流源103は、1つまたは複数の電流信号103aを生成するように構成され得る。電流スピニングスイッチ105は、1つまたは複数の電流信号103aを受け取り、CVH検知素子102内の選択された縦型ホール素子に、その電流信号を信号104bとして提供するように結合され得る。

【0077】

上述のように、チョッピングとも呼ばれる電流スピニングはまた、電流源たとえば電流源103が、電流スピニングスイッチ105を使用して、CVH検知素子102内の（シーケンススイッチ104を介して選択された）選択された縦型ホール素子の異なる選択されたノードに順次に結合される、プロセスである。同時に同期的に、電流スピニングスイッチ105は、いわゆる電流スピニングフェーズに従って、選択された縦型ホール素子の選択された出力ノードへ結合を提供する。電流スピニングは、図4～図4Dに関連してさらに説明される。

40

【0078】

電流スピニングシーケンス選択モジュール119は、発振器および論理モジュール120によって受け取られる電流スピニングシーケンス制御信号119aを生成することができる。発振器および論理モジュール120は、CVH検知素子102の縦型ホール素子のうちの選択された1つの電流スピニングフェーズシーケンスを制御するために、電流スピニングスイッチ105に制御信号120bを提供するように結合され得る。発振器および論理120はまた、CVH検知素子102内の縦型ホール素子の連続的選択を提供し、その選択に従ってCVH検知素子102の縦型ホール素子からの連続的出力信号104aを

50

提供するために、シーケンススイッチ 104 に制御信号 120a を提供するように結合され得る。

【0079】

いくつかの実施形態では、電流スピニングは使用されない。

【0080】

マルチプレクサ 106 は、シーケンススイッチ 104 および電流スピニングスイッチ 105 を介して CVH 検知素子 102 から、電流スピニング有りまたは無しで信号 105a を受け取るように結合され得る。信号 105a は、図 2 の連続的信号 52 と同じまたは同様、あるいは電流スピニング、すなわち、前述のサブステップを有する同様の信号とすることが可能。

10

【0081】

マルチプレクサ 106 はまた、発振器および論理モジュール 120 からクロック信号 102c を受け取るように結合され得る。

【0082】

マルチプレクサは、多重化出力信号 106a を生成し、多重化出力信号 106a は、信号 105a を表す場合もあれば、クロック信号 120c を表す場合もある。

【0083】

上記の議論から明らかな理由により、クロック信号 120c と信号 105a の間の相対位相が、磁石 144 によって生成され CVH 検知素子 102 によって検知された磁界の角度を表す。

20

【0084】

デュアル差動増幅器 (DDA) 108 は、多重化信号 106a を受け取るように結合され、増幅された信号 108a を生成するように構成され得る。バンドパスフィルタ 110 は、増幅された信号 108a を受け取るように結合され、フィルタリングされた信号 110a を生成するように構成され得る。アナログ - デジタル変換器 112 は、フィルタリングされた信号 110a を受け取るように結合され、変換された信号 112a すなわちデジタル信号を生成するように構成され得る。角度計算モジュール 118 は、変換された信号 112a を受け取るように結合され、磁石 144 によって生成された磁界の角度を示す補正されていない x - y 角度値 118a を生成するように構成され得る。ただし、x - y 角度値 118a は、より完全に後述される角度誤差を有する。

30

【0085】

角度計算モジュール 118 はまた、発振器および論理モジュール 120 からクロック信号 120c、120d を受け取るように結合され得る。クロック信号 120d は、高速クロック信号であり得る。

【0086】

角度計算モジュール 118 は、信号 112a の相対位相を比較するように構成され、信号 112a は、信号 105a の増幅されフィルタリングされたバージョンを表すこともあれば、クロック信号 120c の増幅されフィルタリングされたバージョンを表すこともある。

【0087】

動作中、補正されていない x - y 角度値 118a は第 1 の角度誤差成分を有し得る。第 1 の角度誤差成分については、図 5 に関連して後でより完全に説明される。ここでは、第 1 の角度誤差成分は、補正されていない x - y 角度値 118a を、磁石 144 により生成された磁界の真の角度を完全には表さないものとする角度誤差成分であると述べることで十分とする。

40

【0088】

角度誤差補正モジュール 138 は、x - y 角度値 118a を受け取るように結合され、補正されていない x - y 角度値 118a 内の第 1 の誤差成分を示す角度誤差値 138a を生成するように構成される。ここでは加算ノードとして示される組合せモジュール 126 は、補正されていない x - y 角度値 118a を受け取るように結合され、角度誤差値 13

50

8 aを受け取るように結合され、補正されたx - y角度値126 aを生成するように構成される。補正されたx - y角度値126 aは、補正されていないx - y角度値118 aの第1の角度誤差成分より小さい第2の角度誤差成分を有し得る。したがって、補正されたx - y角度値126 aは、磁石144によって生成された磁界の真の角度をより正確に表す。

【0089】

また、角度補正モジュール138が、温度センサ136によって生成された温度信号136 aを受け取るように結合され得る。角度補正モジュール138はまた、正弦参照テーブル(LUT)148から、ここでは2つの正弦値148 a、148 bとして示される正弦値を受け取るように結合され得る。いくつかの実施形態では、正弦値148 aは、図2の信号52の周波数、すなわち、信号104 aおよび信号105 aの周波数と同じまたは関係付けられた基本周波数における正弦値を表す。いくつかの実施形態では、正弦値148 bは、基本周波数の第2高調波における正弦値を表す。しかしながら、正弦参照テーブル148は、基本周波数の任意の数の高調波を表す任意の数の正弦値を提供することができる。正弦値については、図5および図6に関連して後でより完全に説明される。

10

【0090】

正弦参照テーブル148は、補正されていないx - y角度値118 a、および角度誤差補正モジュール138によって生成されたいわゆる補間された位相値138 bを受け取るように結合され、それらに従ってインデックス付けされ得る。補間された位相値については、図6に関連して後でさらに説明される。

20

【0091】

磁界センサ100は、磁界センサ100の外部から制御信号142を受け取るように結合され得る。特に、電気消去可能プログラマブル読出し専用メモリ(EEPROM)が、1つまたは複数の補正係数を有する制御信号142を受け取るように結合され、補正係数140 aとして1つまたは複数の補正係数を角度補正モジュール138に供給するように構成され得る。

【0092】

角度補正モジュール138については、図6に関連してより詳細に説明される。しかしながら、ここでは、角度補正モジュール138が、検知された温度信号136 aに従って角度誤差値138 aを調整するために温度信号136 aを使用するように構成されると述べることで十分とする。

30

【0093】

磁界センサ100はまた、回転速度モジュール130および/または回転方向モジュール132を含むことができ、それぞれが、補正されたx - y角度値126 aを受け取るように結合される。補正されたx - y角度値126 aは、変化することが可能であり、したがって、磁石144が回転するときの回転磁界を表すことが可能であることは理解されよう。

【0094】

回転速度モジュール130は、磁気の回転速度を示す回転速度信号または値130 aを生成するように構成される。回転方向モジュール132は、磁石144の回転方向を示す回転信号または値132 aを生成するように構成される。

40

【0095】

出力プロトコルモジュール134は、補正されたx - y角度値126 a、リング回転速度値130 a、および回転方向値132 aを受け取るように結合される。出力プロトコルモジュール134は、磁石144によって生成された磁界の角度、磁石144の回転の速度、および磁石144の回転の方向を表す、出力信号134 aを生成するように構成される。出力信号134 aは、種々の従来のフォーマットの所望のいずれか、たとえば、S P I フォーマット、C A N フォーマット、I 2 C フォーマット、またはマンチェスタフォーマットを備えることができる。

【0096】

50

いくつかの実施形態では、角度誤差補正モジュール 138 は、1つまたは複数の他の制御信号 150 を受け取るように結合され得る。他の制御信号 150 については、図 6 に関連して後でより完全に説明される。しかしながら、1つまたは複数の他の制御信号 150 によって、角度誤差補正モジュール 138 は、磁界センサ 100 の他の特性に従って、角度誤差値 138a を調整することができることは理解されよう。

【0097】

図 4 ~ 図 4C は、5つの接点を有する縦型ホール素子に使用され得る 4 フェーズの電流スピニングまたはチョッピングを表す。したがって、そのような電流スピニングは、図 1 の CVH 検知素子 12 および図 3 の CVH 検知素子 102 内の各選択された縦型ホール素子に使用され得ることを理解されたい。また、そのような電流スピニングは、個別の磁界検知素子、たとえば、磁界検知素子 30a ~ 30h が 1 つずつ選択されチョッピングされる図 1A の磁界検知素子 30a ~ 30h にも使用され得ることを理解されたい。

10

【0098】

次に図 4 を参照すると、図 3 の CVH 検知素子 102 の縦型ホール素子 200 は、5つの縦型ホール素子接点、すなわち、それぞれ第 1、第 2、第 3、第 4、および第 5 の縦型ホール素子接点 202a、202b、202c、202d、202e から構成される。第 1 のチョッピングまたは電流スピニングフェーズでは、図 3 の電流源 103 と同じまたは同様であり得る電流源 208 が、それぞれ第 1 および第 5 の縦型ホール素子接点 202a、202e に結合可能であり、これらは一緒に結合され、電流源 208 は、第 1 の縦型ホール素子接点 202a へ流れる半分の電流 $I/2$ と、第 5 の縦型ホール素子接点 202e へ流れる半分の電流 $I/2$ との全電流 I を提供することができる。第 3 の縦型ホール素子接点 202c は、電圧基準 210、たとえば、グランドに結合される。電流源 208 からの電流は、破線で表されるように、それぞれ第 1 および第 5 の縦型ホール素子接点 202a、202e から CVH 検知素子 200 の基板 206 を通って（基板上のエピタキシャル層を通って）第 3 の縦型ホール素子接点 202c へ流れる。

20

【0099】

外部磁界に応答して、信号 V_m は、それぞれ第 2 および第 4 の縦型ホール素子接点 202b、202d の間に生じる。したがって、第 1 の電流スピニングフェーズでは、図 3 の電流スピニングスイッチ 105 は、第 2 および第 4 の縦型ホール素子接点 202b、202d を選択して出力信号 105a を提供することができ、図 3 の電流源 103 に結合された接点として、それぞれ第 1、第 5、および第 3 の縦型ホール素子接点 202a、202e、202c を選択することができる。以下に説明される他の電流スピニングフェーズにおける結合は明らかであろう。

30

【0100】

次に、図 4 の類似の要素が類似の参照符号で示される図 4A を参照すると、CVH 検知素子 102 の同じ縦型ホール素子 200（同じ 5 つの縦型ホール素子接点）の第 2 のチョッピングフェーズでは、結合が図 3 の電流スピニングスイッチ 105 によって変更される。第 2 のフェーズでは、電流源 208 は、第 3 の縦型ホール素子接点 202c に結合され、それぞれ第 1 および第 5 の縦型ホール素子接点 202a、202e は、一緒に結合され基準電圧 210 に結合される。したがって、電流は、図 4 に示された方向とは反対の方向に基板 206 を通って流れる。

40

【0101】

図 4 におけるように、外部磁界に応答する信号 V_m は、それぞれ第 2 および第 4 の縦型ホール素子接点 202b、202d の間に生じる。図 4A の信号 V_m は、図 4 の信号 V_m と同様である。しかしながら、信号内のオフセット電圧が異なることがある、たとえば、符号が異なることがある。

【0102】

次に、図 4 および図 4A の類似の要素が類似の参照符号で示される図 4B を参照すると、CVH 検知素子 102 の同じ縦型ホール素子 200（同じ 5 つの縦型ホール素子接点）上の第 3 のチョッピングフェーズでは、結合が電流スピニングスイッチ 105 によってや

50

はり変更される。第3のフェーズでは、電流源208は、第2の縦型ホール素子接点202bに結合され、第4の縦型ホール素子接点202dは、基準電圧210に結合される。したがって、電流は、第2の縦型ホール素子接点202bから基板206を通って第4の縦型ホール素子接点202dへ流れる。

【0103】

それぞれ第1および第5の縦型ホール素子接点202a、202eは、一緒に結合される。また、一部の電流は、第2の縦型ホール素子接点202bから基板206を通って第1の縦型ホール素子接点202aへ、また相互結合を通して第5の縦型ホール素子接点202eへ流れる。また、一部の電流は、第5の縦型ホール素子接点202eから基板206を通って第4の縦型ホール素子接点202dへ流れる。

10

【0104】

外部磁界に応答する信号Vmは、第1の縦型ホール素子接点202a（および第5の縦型ホール素子接点202e）と第3の縦型ホール素子接点202cとの間に生じる。図4Bの信号Vmは、図4および図4Aの信号Vmと同様である。しかしながら、信号内のオフセット電圧が異なることがある。

【0105】

次に、図4～図4Bの類似の要素が類似の参照符号で示される図4Cを参照すると、CVH検知素子102の同じ縦型ホール素子200（同じ5つの縦型ホール素子接点）上の第4のチョッピングフェーズでは、結合が電流スピニングスイッチ105によってやはり変更される。第4のフェーズでは、電流は、図4Bに示された電流と逆にされる。電流源208は、第4の縦型ホール素子接点202dに結合され、第2の縦型ホール素子接点202bは、基準電圧210に結合される。したがって、電流は、第4の縦型ホール素子接点202dから基板206を通って第2の縦型ホール素子接点202bへ流れる。

20

【0106】

それぞれ第1および第5の縦型ホール素子接点202a、202eは、一緒に結合される。また、一部の電流は、第4の縦型ホール素子接点202dから基板206を通って第5の縦型ホール素子接点202eへ、また相互結合を通して第1の縦型ホール素子接点202aへ流れる。また、一部の電流は、第1の縦型ホール素子接点202aから基板206を通って第2の縦型ホール素子接点202bへ流れる。

【0107】

30

外部磁界に応答する信号Vmは、第1の縦型ホール素子接点202a（および第5の縦型ホール素子接点202e）と第3の縦型ホール素子接点202cとの間に生じる。図4Cの信号Vmは、図4～図4Bの信号Vmと同様である。しかしながら、信号内のオフセット電圧が異なることがある。

【0108】

図4～図4Cのチョッピングの4つのフェーズによって提供される信号Vmは、外部磁界に応答する。

【0109】

上述のように、図3のシーケンススイッチ104のシーケンス化動作によって、CVH検知素子102内の任意の1つの縦型ホール素子上の4つの電流スピニングフェーズを生成した後、図4～図4Cの電流スピニング配置は、次の縦型ホール素子、たとえば、図4～図4Cに示されたものから1つの縦型ホール素子接点だけオフセットされた5つの縦型ホール素子接点へ移行することができ、4つの電流スピニングフェーズが、図3のシーケンススイッチ105の動作によって新しい縦型ホール素子上に実行され得る。

40

【0110】

しかしながら、いくつかの実施形態では、図4～図4Cの電流スピニングフェーズによって表されるフェーズのシーケンス（A、B、C、D）は、種々の方法のいずれかで変更され得る。たとえば、いくつかの実施形態では、フェーズのシーケンス（A、B、C、D）は、CVH検知素子102内の選択された縦型ホール素子の各々についてランダムに選択され得る。いくつかの実施形態では、そのランダムな選択は完全にランダムであり、い

50

くつかの他の実施形態では、そのランダムな選択は擬似ランダム選択である。いくつかの実施形態では、ランダムまたは擬似ランダム選択は、C V H 検知素子の周りの各回転内になされ、他の実施形態では、ランダムまたは擬似ランダム選択は、C V H 検知素子の周りの複数回の回転の間になされる。

【0111】

他の実施形態では、C V H 検知素子 102 内の縦型ホール素子は、縦型ホール素子の少なくとも 2 つのグループまたはセットに区分化可能であり、この場合、シーケンススイッチ 104 が C V H 検知素子 102 の周りでシーケンス化をすることに、縦型ホール素子の第 1 のセットでは、電流スピニングフェーズの第 1 のシーケンス、たとえば A B C D を使用し、縦型ホール素子の第 2 のセットでは、電流スピニングフェーズの第 2 の異なるシーケンス、たとえば C D A B を使用する。縦型ホール素子の少なくとも 2 つのセットの各セット内には、1 つまたは複数の縦型ホール素子があり得る。フェーズシーケンスの他の変形形態も可能であり、たとえば、シーケンススイッチ 104 が C V H 検知素子 102 の周りでシーケンス化をすることに、任意の可能な数のセットの縦型ホール素子、たとえば、それぞれ 3 つ、4 つ、5 つ、または 24 個を含むそれより多いセットの縦型ホール素子に対して、異なるフェーズシーケンスを使用する。

【0112】

いくつかの実施形態では、上記の異なるセットの縦型ホール素子が、C V H 検知素子の周りの各回転内で選択された上記のランダムまたは擬似ランダムに選択されたフェーズシーケンスを受け取り、他の実施形態では、ランダムまたは擬似ランダム選択は、C V H 検知素子の周りの複数回の回転の間になされる。

【0113】

したがって、一般に、C V H 検知素子 102 内の複数の縦型ホール素子の間で電流スピニングフェーズシーケンスの変動または差があり得る。

【0114】

C V H 検知素子 102 内の複数の縦型ホール素子の間での異なるフェーズシーケンスの選択については、図 5 に関連して後でより完全に説明される。

【0115】

次に図 5 を参照すると、グラフ 280 は、角度の単位のスケールを有する横軸と、x - y 角度値の大きさ、たとえば、図 3 の補正されていない x - y 角度値 118a の大きさの値の単位のスケールを有する縦軸とを有する。

【0116】

線 282 は、角度誤差を持たない x - y 角度値を表す。x - y 角度値が角度誤差を持たない場合、x - y 角度値は実際の角度に対して完全に線形であり、すなわち、x - y 角度値は、図 3 の磁石 144 によって生成された磁界の角度の完全な真の表現であり、線 282 は、ゼロを通る。

【0117】

線 284 は、平均または DC 角度誤差のみを有する x - y 角度値を表し、x - y 角度値によって表されるすべての角度は、固定された度数だけオフセットされる。線 284 は、ゼロを通らない。

【0118】

曲線 286 は、磁石 14 によって生成された磁界の真の角度の表現における誤差、平均または DC 誤差、さらに正弦波の外観を有する誤差を有する、x - y 角度値である。

【0119】

曲線 288 は、磁石 14 によって生成された磁界の真の角度の表現における他の誤差を有する、x - y 角度値を表す。

【0120】

磁界センサ 100 の様々な回路特性が、誤差、すなわち、曲線 286、288 によって表される DC (または平均) 角度誤差と、曲線 286、288 の正弦波形状との両方に寄与する。誤差に寄与する 1 つのファクタは、シーケンススイッチ 104 および / または図

10

20

40

50

3のスピニングスイッチ105によって生成されたスイッチングノイズである。

【0121】

まず、シーケンススイッチ104に関して、シーケンススイッチ104によって生成される電荷注入またはスイッチングスパイク（共にノイズと呼ばれる）は、連続的な各縦型ホール素子がCVH検知素子102で選択されるたびに、必ずしも厳密に同じでないことは理解されよう。シーケンススイッチ104によって生成されるノイズが各縦型ホール素子が選択されるたびに同じでない場合、DC（または平均）角度誤差が生成され、やはり曲線286、288によって表されるような正弦波タイプの誤差である。正弦波誤差特性は、部分的には、CVH検知素子102の周りのサイクルごとに反復するシーケンススイッチによって生成されたノイズの結果である可能性があり、そのノイズは、図2の信号52の周波数での角度誤差周波数成分を有し、信号52に付加される（図3の104a）。角度誤差周波数成分は、信号104aに対して位相が実質的に固定され、したがって、角度誤差の付加が、信号104aの位相に応じて、加算された信号の様々な位相シフト誤差を引き起こす。より高い高調波もノイズから生じ得る。

【0122】

次に、電流スピニングスイッチ105に関して、電流スピニングスイッチ105によって生成される電荷注入またはスイッチングスパイク（共にノイズと呼ばれる）は、連続的な各縦型ホール素子がCVH検知素子102で選択されるたびに、必ずしも厳密に同じでないことは理解されよう。電流スピニングスイッチ105によって生成されるノイズが各縦型ホール素子が選択されるたびに同じでない場合、DC（または平均）角度誤差が生成され、やはり曲線286、288によって表されるような正弦波タイプの誤差である。正弦波誤差特性は、部分的には、CVH検知素子の周りのサイクルごとに反復する電流スピニングスイッチ105によって生成されたノイズの結果であり得る。しかしながら、本明細書に説明された技法によって、CVH検知素子102内の縦型ホール素子のフェーズシーケンスが変化可能であり、したがって、電流スピニングスイッチ105によって生成されたノイズは、CVH検知素子の周りのサイクルごとに反復する必要がなく、対応する角度誤差が低減される。

【0123】

他の回路特性も、角度誤差、すなわち、誤差曲線286、288によって表されるDC（または平均）角度誤差と、誤差曲線286、288の正弦波形状との両方に寄与する。すなわち、シーケンススイッチ104がCVH検知素子102の縦型ホール素子の間で切換えをするとき、また電流スピニングスイッチ105が種々の電流スピニングフェーズの間で切換えをするときに、図3のデュアル差動増幅器108およびさらに図3の他の回路素子が最終値に整定できない速度が、誤差に寄与する。

【0124】

スイッチングノイズおよび最終値に整定する回路素子の欠如を含むがそれらに限定されない上記の回路特性は、図2の磁界センサ100の温度、CVH検知素子102の周りのシーケンス化のレート、磁石144が回転するときにCVH検知素子102が受ける磁界のピークの大きさ、および種々の縦型ホール素子間の選択された電流スピニングを含むがこれらに限定されない種々のファクタによって、影響される（すなわち変更される）傾向がある。

【0125】

曲線286、288間の差は、同じファクタ、すなわち、温度の変化、磁石144が回転するときにCVH検知素子102が受ける磁界のピーク振幅の変化または差、CVH検知素子102の周りのシーケンス化のレートの変化または差、およびCVH検知素子102内の種々の縦型ホール素子間の選択された電流スピニングシーケンスの変化または差に起因し得る。これらのファクタのうち、温度の変化はいつでも発生することは理解されよう。磁界のピーク振幅の変化は、図3の磁石144とCVH検知素子102の間の位置変化すなわち空隙変化によって影響され得る。磁界のピーク振幅の変化はまた、機械的考慮事項、たとえば、磁石144が回転する軸受またはシャフトの摩耗によって影響され得る

10

20

30

40

50

。しかしながら、シーケンス化レートの変化、および電流スピニングシーケンスの変化は、固定されて磁界センサ 100 の異なる適用についてのみ変更されてよい。

【0126】

一般に、支配的な角度誤差周波数成分は、信号 52 (すなわち、104a または 105a) の周波数の第 1 および第 2 の高調波で発生すると決められている。曲線 286、288 は、信号 52 (104a) の周波数の第 1 および第 2 の高調波が支配的な角度誤差関数を表す。

【0127】

図 3 の角度誤差補正モジュール 138 は、適用する角度誤差補正に対する変更を、曲線 286、288 によって表される角度誤差に対する少なくとも温度寄与に従って行うように構成される。いくつかの実施形態では、角度誤差補正モジュール 138 はまた、曲線 286、288 の間の差に寄与する他の上記のファクタの 1 つまたは複数に従って、角度誤差補正に対する変更を行うように構成される。

【0128】

本明細書で説明されるように、曲線 286、288 によって表される角度誤差は、第 1 の誤差特性として参照され、各々が上記のファクタによって影響される。

【0129】

また、本明細書で説明されるように、図 3 の角度補正モジュール 138 は、補正された x - y 角度値 126a を生成するために使用され得る角度誤差値 138a を生成するためには使用され得る。したがって、曲線 286、288 より小さいピーク間変動を有する他の角度誤差曲線 (図示せず) が、第 1 の誤差特性より小さい第 2 の誤差特性を表す。

【0130】

誤差曲線 286、288 は、次のように数学的に記述され得る。

【0131】

数学的に、曲線 286、288 によって表される角度誤差は、以下のように表される。

【0132】

【数 1】

$$\alpha_{err} = OFF + DC(T) + \sum_{n=1}^{\infty} H_{nA}(T) \cdot \sin(n\alpha + H_{nP}(T)) \quad (1)$$

30

【0133】

式中、

= 誤差を有する測定された角度 (図 3 の補正されていない x - y 角度値 118 を参照) 、

n = 第 n 高調波を示す変数、

T = 温度センサ 136 によって測定された温度、

OFF = 磁気対象位置誤差、すなわち、通常は温度 T から独立した、図 3 の磁石 144 に対する C V H 検知素子 102 の機械的位置ずれ、

DC (T) = 温度 T の関数である DC 角度誤差の平均、

$H_{nA}(T)$ = 温度 T の関数である誤差の第 n 高調波の振幅、

$H_{nP}(T)$ = 温度 T の関数である誤差の第 n 高調波の位相である。

【0134】

角度誤差に影響する温度以外の上記の他のファクタは、式 1 で考慮に入れられていない。すなわち、C V H 検知素子 102 の周りのシーケンス化のレート、C V H 検知素子 102 が受ける磁石 144 によって生成された磁界のピーク振幅、および電流スピニングシーケンス選択モジュール 119 によって生成された電流スピニングフェーズシーケンスは、上記の式で考慮に入れられていない。

【0135】

(式 (1) の量子化されていない誤差ではなく) 推定され量子化された角度誤差は、以下のように数学的に表される。

50

【0136】

【数2】

$$\alpha_{err}^i = OFF + DC_q(T) + \sum_{n=1}^{\infty} H_{nA_q}(T) \cdot \sin(n\alpha + H_{nB_q}(T)) \quad (2)$$

【0137】

式中、qは、量子化された値を表す。

【0138】

図3の角度誤差補正モジュール138は、式(2)の表現と同じまたは同様の式で、図3のEEPROM140内に記憶されたプログラマブル平均補正係数、プログラマブル振幅補正係数、およびプログラマブル位相補正係数のセットを使用することができる、図6に関連して後で説明される。後述されるように、いくつかの実施形態では、位置ずれ補正係数OFFも記憶され使用され得る。

【0139】

図3の角度誤差補正モジュール138は、補正係数に従って、正弦LUT148によって提供された1つまたは複数の正規化された正弦波系(値)(すなわち1つまたは複数の高調波値)をデジタルに重み付けすることができ、その結果は、式(2)に従って角度誤差を近似するために合計される。したがって、いくつかの実施形態では、図3の角度誤差補正モジュール138は、式(2)に従って角度誤差値138aを生成することができる。

【0140】

いくつかの実施形態では、誤差補正モジュール138は、第1および第2の2つの高調波を使用して式(2)を評価する。いくつかの他の実施形態では、誤差補正モジュール138は、第1または第2のいずれか1つの高調波を使用して式(2)を評価する。いくつかの他の実施形態では、誤差補正モジュール138は、3つ以上の高調波、たとえば、第1、第2、第3、第4、および第5の高調波を使用して式(2)を評価する。いくつかの他の実施形態では、誤差補正モジュール138はまた、平均値DC_q(T)も使用して式(2)を評価する。いくつかの他の実施形態では、誤差補正モジュール138は、平均値DC_q(T)のみを使用し、いずれの正弦関数または高調波も無しで、位置ずれ補正係数OFF有りまたは無しで、式(2)を評価する。いくつかの実施形態では、誤差補正モジュール138は、式(2)とは異なるが、係数テーブルEEPROM310に記憶可能な補正係数を有する式を評価する。

【0141】

図3に関連して前述されたように、組合せモジュール126は、温度に依存する角度誤差値(すなわち、式(2)に従う推定された誤差)を、補正されていないx-y角度値118aと組み合わせるように動作可能である。したがって、各温度T_iについて、式(2)に従う測定された角度に対する推定された誤差'err_iは、図5の曲線286、288によって表される誤差を含む検知された(すなわち測定された)角度(すなわち、図2の補正されていないx-y角度値118)からデジタルで減算される(またはそれに加算される)ことが可能である。

【0142】

温度が変わると、式(2)によって表される角度誤差の各高調波成分は、振幅および位相が独立して変化する。図6に関連して後で説明されるように、いくつかの実施形態では、各パラメータ(平均、さらに各高調波成分の振幅および位相)の温度の関数としての角度誤差の変動は、記憶された平均、振幅、および位相の値の対の間で、区分線形補間を使用して近似される。

【0143】

電流スピニングフェーズシーケンスの変動については、図3に関連して前述されている。角度誤差補正モジュールについても、図3および図5に関連して前述されている。電流スピニングフェーズシーケンスの変動の適切な選択と、角度誤差補正モジュールの使用と

10

20

30

40

50

の両方が、曲線 286、288 によって表される角度誤差の大きさを低減する傾向があることは明らかである。これら 2 つの技法は、磁界センサ 100 の角度誤差の低減を達成するために別個にまたは一緒に使用され得ることを理解されたい。

【0144】

図 3 の類似の要素が類似の参照符号で示される図 6 を参照すると、角度誤差補正モジュール 138 は、係数テーブル EEPROM310 に結合されてよい。係数テーブル EEPROM310 は、上記の式(2)に関連付けられ、またいわゆる温度区間に関連付けられた値の複数の補正係数を記憶するように構成される。係数テーブル EEPROM310 は、図 3 の EEPROM140 の一部分であり得る。

【0145】

本明細書で使用される場合、用語「温度区間」は、各温度範囲が温度の対によって境界される複数の温度範囲のうちの 1 つを記述するために使用される。本明細書に示され後で説明される例は、4 つのそのような温度区間、温度の昇順で、第 2 の温度区間に隣接する第 1 の温度区間、第 3 の温度区間に隣接する第 2 の温度区間、および第 3 の温度区間に隣接する第 4 の温度区間を使用する。いくつかの実施形態では、温度区間は重なり合い、他の実施形態では、温度区間の間に温度スペースがある。いくつかの実施形態では、各温度区間は、同じ度数分の温度にまたがり、他の実施形態では、温度区間は、異なる度数分の温度にまたがる。たとえば、いくつかの実施形態では、第 2 および第 3 の温度区間は、それぞれが第 1 および第 4 の区間より広い温度区間を有することができる。

【0146】

係数テーブル EEPROM310 は、4 つの温度区間の境界を表す複数の温度値、たとえば、T0、T1、T2、T3、T4、T5 を記憶することができる。

【0147】

係数テーブル EEPROM310 はまた、複数の補正係数を記憶することができる。たとえば、係数テーブル EEPROM310 は、5 つの平均補正係数、Coeff_A0、Coeff_A1、Coeff_A2、Coeff_A3、Coeff_A4 を記憶することができる。5 つの平均補正係数の各々は、4 つの温度区間の境界における温度に対応する異なるそれぞれの温度での式(2)における平均値 DC_q(T) を表す。

【0148】

いくつかの実施形態では、係数テーブル EEPROM310 は、5 つの第 1 高調波振幅補正係数 Coeff_B0、Coeff_B1、Coeff_B2、Coeff_B3、Coeff_B4 を記憶することもできる。5 つの第 1 高調波振幅補正係数の各々は、4 つの温度区間の境界における温度に対応する異なるそれぞれの温度における、n = 1 の場合、すなわち、図 5 の誤差信号 286、288 の第 1 高調波の場合の式(2)における振幅値 H_{nA_q}(T) を表す。

【0149】

いくつかの実施形態では、係数テーブル EEPROM310 は、5 つの第 1 高調波位相補正係数 Coeff_C0、Coeff_C1、Coeff_C2、Coeff_C3、Coeff_C4 を記憶することもできる。5 つの第 1 高調波位相補正係数の各々は、4 つの温度区間の境界における温度に対応する異なるそれぞれの温度における、n = 1 の場合、すなわち、図 5 の誤差信号 286、288 の第 1 高調波の場合の式(2)における位相値 (H_{nP_q}(T)) を表す。

【0150】

いくつかの実施形態では、係数テーブル EEPROM310 は、5 つの第 2 高調波振幅補正係数 Coeff_D0、Coeff_D1、Coeff_D2、Coeff_D3、Coeff_D4 を記憶することもできる。5 つの第 2 高調波振幅補正係数の各々は、4 つの温度区間の境界における温度に対応する異なるそれぞれの温度における、n = 2 の場合、すなわち、図 5 の誤差信号 286、288 の第 2 高調波の場合の式(2)における振幅値 H_{nA_q}(T) を表す。

【0151】

10

20

30

40

50

いくつかの実施形態では、係数テーブル E E P R O M 3 1 0 は、5つの第2高調波位相補正係数 C_{oeff_E0} 、 C_{oeff_E1} 、 C_{oeff_E2} 、 C_{oeff_E3} 、 C_{oeff_E4} を記憶することもできる。5つの第2高調波位相補正係数の各々は、4つの温度区間の境界における温度に対応する異なるそれぞれの温度における、 $n = 2$ の場合、すなわち、図5の誤差信号 286、288 の第2高調波の場合の式(2)における位相値($H_{n_p_q}(T)$)を表す。

【0152】

いくつかの実施形態では、係数テーブル E E P R O M 3 1 0 は、図3の磁石 144 によって生成された磁界と C V H 検知素子 102 の前述の機械的位置ずれを表す位置ずれ補正係数 OFF(図示せず)を記憶することもできる。

10

【0153】

いくつかの実施形態では、記憶された補正係数および値のすべてが、たとえば制御信号 142 によって、係数テーブル E E P R O M 3 1 0 内にプログラムされ得る。

【0154】

上述のように4つの温度区間および関連付けられた温度および係数が示されているが、他の実施形態では、4つより多いまたは少ない温度区間、および温度区間の数に応じて30個より多いまたは少ない記憶された係数があり得る。また、上記によれば、温度を表す係数、平均値を表す係数図5の誤差曲線 286、288 の第1の高調波の振幅および位相値を表す係数、および第2の高調波の振幅および位相値を表す係数が示されているが、他の実施形態では、それらの係数より少ない係数が記憶され使用され得る。しかしながら、さらに他の実施形態では、さらに高い高調波を表す係数が、たとえば式(2)を用いて、記憶され使用され得る。

20

【0155】

角度誤差補正モジュール 138 は、温度センサ 136 からの温度信号 136a を受け取るように結合されたアナログ - デジタル変換器 300 を含むことができる。アナログ - デジタル変換器 300 は、磁界センサ 100 の温度を表すデジタル信号である変換された信号 300a を生成するように構成される。

【0156】

角度誤差補正モジュール 138 は、区間識別モジュール 302 を含み、区間識別モジュール 302 は、デジタル温度信号 300a を受け取るように結合され、デジタル温度信号 300a が存在する複数の温度区間のうちの1つを識別するように構成される。このため、区間識別モジュール 302 は、係数テーブル E E P R O M 3 1 0 から、記憶された温度区間にに関する情報 310a、たとえば、4つの記憶された温度区間の温度境界 T_0 、 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 を受け取ることができる。区間識別モジュール 302 は、デジタル温度信号 300a が間に存在する2つの隣接する温度、すなわち、デジタル温度信号 300a が中に存在する4つの温度区間のうちの1つを識別するように動作可能である。識別された温度区間に応じて、区間識別モジュールは、識別された温度区間を表す区間識別子信号 302b を生成するように動作可能である。

30

【0157】

角度誤差補正モジュール 138 はまた、デジタル温度信号 300a を受け取るように結合され、区間識別子信号 302b を受け取るように結合された、補間モジュール 304 を含むことができる。補間モジュール 304 はまた、区間識別モジュール 302 によって識別された係数 310b を受け取るように結合される。

40

【0158】

区間識別子信号 302b に応じて、補間モジュールは、係数テーブル E E P R O M 3 1 0 によって受け取られた補正係数要求信号 304b を生成するように構成される。補正係数要求信号 304b に応答して、係数テーブル E E P R O M は、識別された温度区間の温度境界に関連付けられた複数の補正係数 310b を提供する。温度区間の識別が、10個の補正係数、すなわち、識別された温度部位の境界のそれぞれの温度における5つの補正係数の選択をもたらすことは理解されよう。

50

【0159】

補間モジュール304は、識別され受け取れた補正係数310bの対の間を補間するよう¹⁰に動作可能である。たとえば、デジタル温度信号300aが250度の温度を表す場合、および、平均値補正係数の対、たとえば、 $C_{eff\ A2}$ 、 $C_{eff\ A3}$ が、200度から300度にわたる温度区間（すなわち、デジタル温度信号300aが存在する第3の温度区間）に関連付けられている場合、補間モジュールは、2つの補正係数 $C_{eff\ A2}$ 、 $C_{eff\ A3}$ の間を補間して、補間された補正係数に到達することができる。同様の補間が、第3の温度区間に関連付けられた補正係数の他の対の間で、補間モジュール304によって行われ、複数の補間された補正係数304aを生成することができる。

【0160】

いくつかの実施形態では、補間モジュール304は線形補間を行うことができる。他の実施形態では補間モジュール314は非線形補間を行うことができる。いくつかの実施形態では、補間モジュール304は、温度区間の幅に対して適切なタイプの補間を行うことができる。たとえば、識別された温度区間の幅が比較的広い場合、補間モジュール304は、デジタル温度信号300aがその広い温度区間にに入る線形補間を行うことができる。逆に、識別された温度区間の幅が狭い場合、それは急速に変化する誤差特性を示す²⁰ことがあり、補間モジュール304は、デジタル温度信号300aがその狭い温度区間にに入る非線形補間を行うことができる。

【0161】

角度誤差補正モジュール138はまた、アルゴリズムモジュール306を含むことができる、アルゴリズムモジュール306は、補間された補正係数304aを受け取るように結合され、アルゴリズム、たとえば、上記の式(2)を使用するアルゴリズムで、補間された補正係数304aを使用するように構成される。上述のように、アルゴリズムモジュール306は、任意の数の高調波を有し、平均またはDC補正係数を有するまたは有しない式(2)を利用²⁰することができる。

【0162】

アルゴリズムモジュール306は、 $x - y$ 角度誤差値306aを生成するように構成される。いくつかの実施形態では、 $x - y$ 角度誤差値306aは、任意選択の組合せモジュール313を回避し、図3に関連して前述された $x - y$ 角度誤差値138aになる。

【0163】

図3に関連して前述されたように、組合せモジュール126は、角度誤差値138aを受け取るように結合され、補正されていない $x - y$ 角度値124aを受け取るように結合され、2つの値を組み合わせて、補正された $x - y$ 角度値126aを生成するように構成³⁰されることが可能であり、補正された $x - y$ 角度値126aは、より正確であり、補正されていない $x - y$ 角度値124aの第1の誤差成分よりも小さい、より小さな（すなわち第2の）誤差成分を有する。

【0164】

正弦参照テーブル148については、図3に関連して前述されている。正弦参照テーブル148は、それぞれ第1および第2の高調波正弦値148a、148bを、上記の式(2)を評価する際に使用するためにアルゴリズムモジュール306に提供することができる。

【0165】

正弦参照コントローラ318は、補正されていない $x - y$ 角度値124aを受け取るように結合され、補間モジュールから補間された位相値304bを受け取るように結合される。これらの値の両方が、正弦参照テーブル148内へインデックス付けのやり方を知るために必要とされることは、式(2)から明らかであろう。特に、式(2)のパラメータ $s_{in}(n + H_{np-q}(T))$ は、測定された（すなわち補正されている）角度と、補間された位相 $H_{np-q}(T)$ との両方を含むインデックスを必要とする。パラメータnが高調波次数であることを想起されたい。

【0166】

いくつかの実施形態では、角度誤差補正モジュール138は、任意選択で、温度変化検出モジュール315を含むことができ、温度変化検出モジュール315は、デジタル温度信号300aを受け取るように結合され、デジタル温度信号300aが温度の変化を表すかまたは温度変化無しを表すかを識別するように構成される。温度変化検出モジュールは、やはり温度の変化を示すまたは温度変化無しを示す制御信号315aを生成するように構成され得る。したがって、いくつかの実施形態では、補間モジュール304は、制御信号315aが温度の変化を示す場合のみ、上記の補間を行い、補間された補正係数304aを提供することができる。他の場合、アルゴリズムモジュールは、前もって計算された補間された補正係数を使用することができる。

10

【0167】

いくつかの実施形態では、角度誤差補正モジュール138は、補正対電流スピニングシーケンスモジュール311、補正対磁界振幅モジュール309、または補正対シーケンスレートモジュール307のうちの1つまたは複数を含むことができる。

【0168】

クロック信号120bに応答して、補正対電流スピニングシーケンスモジュール311は、電流スピニングフェーズシーケンスグループの選択されたシーケンスに関係付けられた補正ファクタを識別するように構成され、このファクタは、x-y角度誤差値138aをさらに改善するために適用され得る。図3のアナログ-デジタル変換器112からの信号112aに応答して、補正対磁界振幅モジュール309は、CVH検知素子102が受ける磁界の振幅に関係付けられた補正ファクタを識別するように構成され、このファクタは、x-y角度誤差値138aをさらに改善するために適用され得る。クロック信号120dに応答して、補正対シーケンスレートモジュール307は、図3のCVH検知素子102内の縦型ホール素子がシーケンス化されるレートに関連付けられた補正ファクタを識別するように構成され、このファクタは、x-y角度誤差値138aをさらに改善するために適用され得る。

20

【0169】

補正值307aは、集合的に、上記の補正ファクタのうちの1つまたは複数を含む。補正值307aは、組合せモジュール313によって受け取られ、x-y角度誤差値306aに適用されることが可能であり、補正されたx-y角度値126aは、上記の第1および第2の誤差成分より小さい第3の誤差成分を有することになる。言い換えれば、補正されたx-y角度値126aは、実際の角度をさらにより正確に表す。

30

【0170】

いくつかの実施形態では、プログラム制御EEPROM308が、制御信号142を受け取るように結合される。プログラム制御EEPROM308は、補間モジュール304またはアルゴリズムモジュール306の1つまたは複数に結合され得る。いくつかの実施形態では、制御信号142によって、ユーザは、補間モジュール内の補間の選択されたタイプを使用するように、図3の磁界センサ100をプログラムすることができる。いくつかの実施形態では、ユーザは、アルゴリズムモジュール306内のアルゴリズムの選択されたタイプを使用するように、図3の磁界センサ100をプログラムすることができる。したがって、いくつかの実施形態では、磁界センサ100はアルゴリズムとして式(2)を使用し、他の実施形態では、磁界センサは異なるアルゴリズムを使用する。

40

【0171】

CVH検知素子102について最初に図3に関連して前述された電流スピニングフェーズシーケンスの変動または変化の題材に再び戻り、図7~図9で、単純なプレーナホール効果素子に適用される同様の電流スピニングフェーズシーケンスの変動の利点を示す。

【0172】

図7を参照すると、単純な磁界センサ400がプレーナホール効果素子402を含む。ホール素子402は、レントスピニングスイッチ412によって決定された複数の電流スピニングフェーズに従って、4つの接点のうちの異なる選択された接点で電流信号412

50

aを受け取るように結合される。電流源410は、電流信号410aを電流スピニングスイッチ412に供給する。

【0173】

ホール効果素子402の差動出力402a、402bは、電流スピニングスイッチ404に結合され、電流スピニングスイッチ404は、電流スピニングが複数のフェーズを進行するに従って、4つの端子のうちの異なる端子を出力端子として選択する。

【0174】

4端子プレーナホール素子の2または4フェーズ電流スピニングのための具体的結合は本明細書に示されないが、十分に理解されよう。電流スピニングが4つのフェーズで行われ、フェーズに文字をラベル付けした例に取ると、従来の配置が、周期的に同じフェーズシーケンス、たとえば、A B C Dを反復し、フェーズの各シーケンスは、サイクル周期を有するそれぞれの電流スピニングサイクルで発生する。しかしながら、磁界センサ400は、電流スピニングスイッチ404、412に結合された、電流スピニングおよびフィルタ制御モジュール408を含むことができ、これは、時折または4つのフェーズのセットを介するサイクルごとにフェーズのシーケンスを変えるまたは変更するように構成され得る。この変動は、完全にランダムまたは擬似ランダムとすることができます。しかしながら、他の配置では、変動は、時折、2つ以上の電流スピニングフェーズシーケンスの間で選択することができる。

【0175】

1つの非限定的例では、電流スピニングフェーズは、次の4つのシーケンス、A B C D、B C D A、C D A B、D A B Cを取り、反復することができる。この特定の例では、各々が4つのフェーズを有する4つの電流スピニングフェーズシーケンスが使用される。しかしながら、4つの電流スピニングフェーズは、24個の電流スピニングフェーズシーケンスで4つのフェーズの24個の組合せをもたらし得ることは理解されよう。24個の電流スピニングフェーズシーケンスは、ランダムに、擬似ランダムに、または周期的に選択され得る。

【0176】

基本的な非限定的実施形態では、2つだけの電流スピニングフェーズシーケンス、たとえば、A B C DおよびC D A Bがあり、ホール素子402に適用される電流スピニングフェーズシーケンスは、2つのフェーズシーケンスの間で時折変更され得る。また、3つ以上の電流スピニングフェーズシーケンスがあってもよく、ホール素子402に適用される電流スピニングフェーズシーケンスは、3つ以上のフェーズシーケンスの間で時折変更され得る。

【0177】

電流スピニングスイッチ404は、差動出力信号404a、404bを提供するように構成される。フィルタ406は、電流スピニングスイッチ404から差動信号を受け取るように結合され、差動出力信号406a、406bを提供するように構成される。

【0178】

周波数領域では、本明細書でオフセット電流スピニングと呼ばれる特定のタイプの電流スピニングの結果の、電流スピニングスイッチで出現する差動信号404a、404bは、2つの周波数成分を有することは理解されよう。ベースバンド成分は磁界に応答し、ベースバンドに留まる。しかしながら、差動信号404a、404bとのオフセット信号成分は、電流スピニングがフェーズをシーケンス化する周波数、すなわち、チョッピング周波数に従って、より高い周波数にシフトされる。

【0179】

動作において、フィルタ406は、差動信号404a、404bのオフセット信号成分を除去することができ、差動信号404a、404bにおける磁気的応答信号成分だけを残す。

【0180】

次に図8を参照すると、グラフ450は、任意の単位で周波数の単位のスケールを有す

10

20

30

40

50

る横軸と、任意の単位で振幅のスケールを有する縦軸とを有する。

【0181】

グラフ450は、図7の磁界センサ400のような磁界センサの動作を表すが、ホール素子402に適用される電流スピニングフェーズシーケンスのいかなる変動もなく、言い換えると、たとえば、フェーズシーケンスA B C Dが変動無しに何度も反復する。

【0182】

スペクトル線454は、図7の差動信号404a、404bの磁気的応答信号成分を表す。スペクトル線458は、電流スピニングフェーズシーケンスの変動無しの電流スピニングスイッチ404、412の電流スピニング動作の後の図7の差動信号404a、404bのオフセット信号成分を表す。スペクトル線460は、スペクトル線456によって表されるオフセット信号成分の第3高調波を表す。

10

【0183】

スペクトル線454は、DC磁界に応答する磁界検知素子402を表すことは理解されよう。しかしながら、磁界検知素子402は、AC磁界に応答することが可能である。したがって、ベースバンド帯域幅456は、磁界検知素子402が磁界に応答する信号情報を提供することができる領域を表す。

【0184】

伝達関数452は、図7のフィルタ406の特定の実施形態の1つの伝達関数を表す。特に、伝達関数452は、伝達関数ノッチを有するデジタルフィルタを表す。いくつかの実施形態では、ノッチがオフセット成分スペクトル線458、460と同じ位置に出現するように、フィルタ406を設計し制御信号408cを用いてフィルタ406を制御することが有利である。したがって、そのようなフィルタにより、差動出力信号406a、406bはベースバンド456においてのみ内容を有する。

20

【0185】

フィルタの使用は磁界センサ400の動作を低速にする傾向があることは認識されよう。また、通過帯域456は周波数fc未満でロールオフしなければならぬので、動作帯域幅または磁界センサ400は制限される傾向がある。

【0186】

次に図9を参照すると、グラフ500は、任意の単位で周波数の単位のスケールを有する横軸と、任意の単位で振幅のスケールを有する縦軸とを有する。

30

【0187】

グラフ500は、電流スピニングフェーズシーケンスの変動または変化を含む、磁界センサ400のような磁界センサの動作を表す。電流スピニングフェーズシーケンスの変動を用いて、いくつかの実施形態では、図7のフィルタ406が除去され得ることが、以下の議論から明らかとなろう。

【0188】

スペクトル線502は、磁気的応答信号404a、404bを表す。スペクトル線506は、電流スピニングスイッチ404、412の変えられた電流スピニング動作の後の差分信号404a、404bのオフセット信号成分を表す。スペクトル線508は、スペクトル線506によってあらわされるオフセット信号成分の第3高調波である。

40

【0189】

スペクトル線502は、DC磁界に応答する磁界検知素子402を表すことは理解されよう。しかしながら、磁界検知素子402は、AC磁界に応答することが可能である。したがって、ベースバンド帯域幅504は、磁界検知素子402が磁界に応答する信号情報を提供することができる領域を表す。

【0190】

示されるような他の低振幅スペクトル線は、変動の厳密な性質に応じて電流スピニングフェーズシーケンスの変動の結果として生じ得る。図示されない他のスペクトル線があり得るが、それらも低振幅にある。

【0191】

50

スペクトル線 506、508 およびすべての他の無関係のスペクトル線が、図 8 のスペクトル線 458、460 よりかなり低い振幅を有することは理解されよう。いくつかの用途では、種々の低振幅スペクトル線が、図 7 のフィルタ 406 が全く必要とされないほど低振幅である。フィルタが全くないと、より高速の磁界検知素子、およびより広い帯域幅の磁界検知素子が得られる。したがって、いくつかのそのような実施形態では、ベースバンド通過帯域 504 を、図示されるよりも実質的に広くすることができ、また図 8 のベースバンド通過帯域 456 よりも広くすることができる。いくつかの実施形態では、ベースバンド通過帯域 504 は、周波数 $3f_c$ を大きく超えて拡張することができる。

【0192】

本明細書に引用されたすべての参考文献は、それらの全体が参照により本明細書に組み込まれる。

10

【0193】

この特許の主題である様々な概念、構造、および技法を示す役割をする好ましい実施形態を説明したが、これらの概念、構造、および技法を組み込んだ他の実施形態も使用され得ることは、当業者には明らかであろう。したがって、本特許の範囲は、説明された実施形態に限定されるべきではなく、添付の特許請求の範囲の趣旨および範囲によってのみ限定されるべきであると言える。

【図 1】

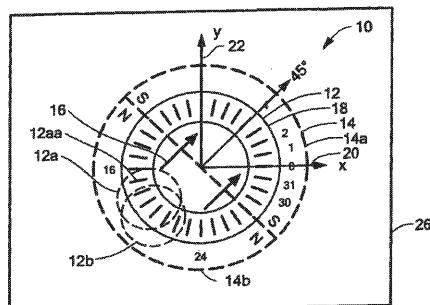
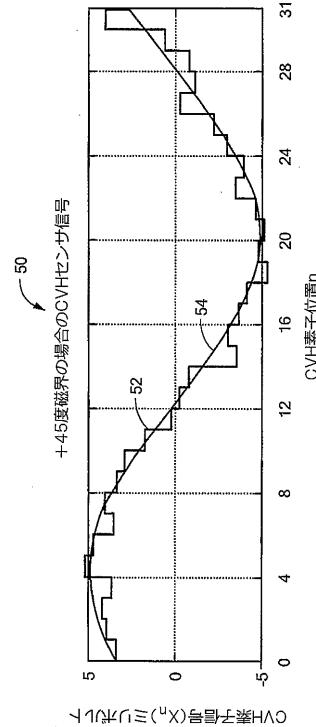


FIG. 1

【図 2】



【図 1A】

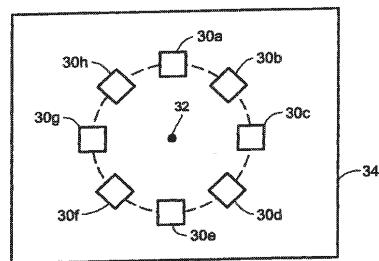
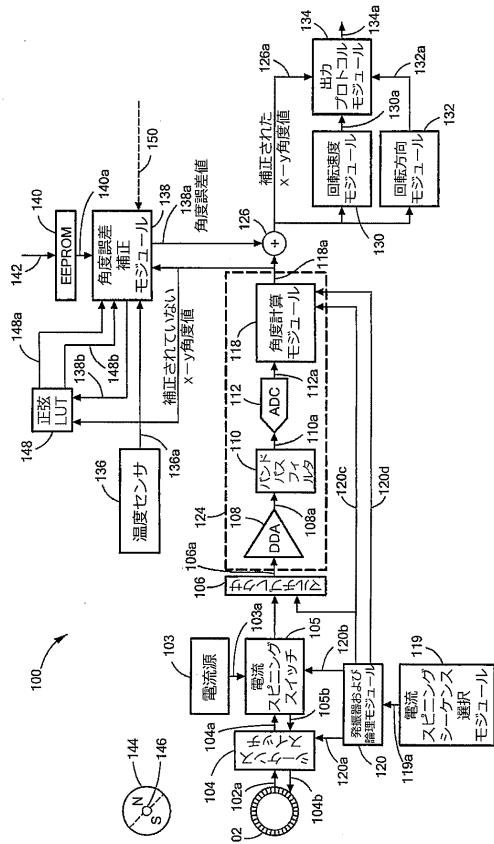


FIG. 1A

【図3】



【図4B】

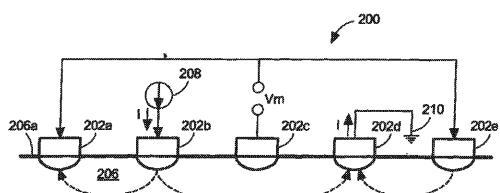


FIG. 4B

【図4C】

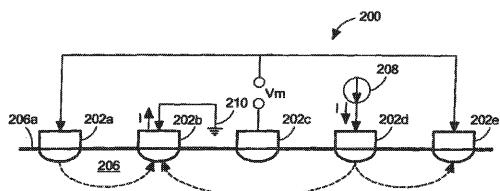


FIG. 4C

【 図 4 】

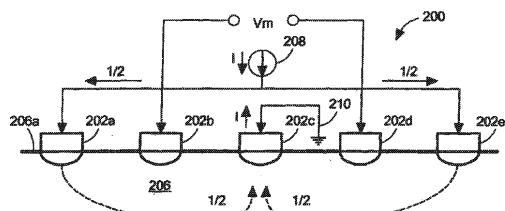


FIG. 4

【図4A】

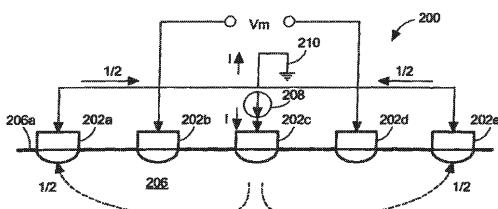
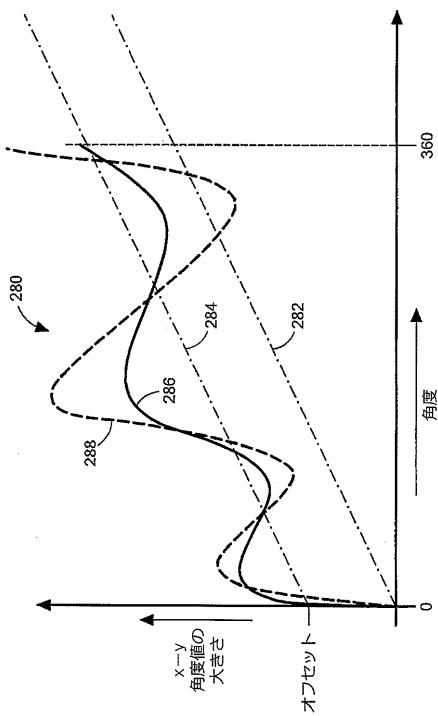
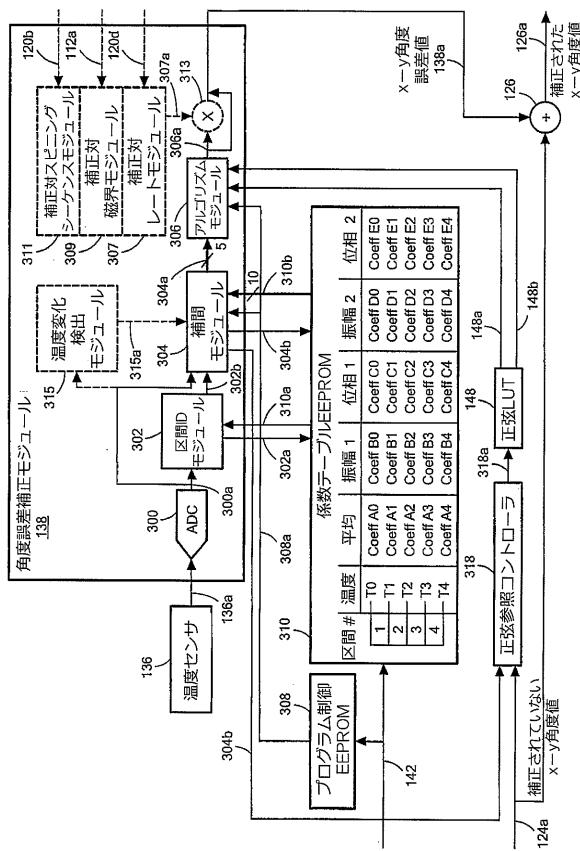


FIG. 4A

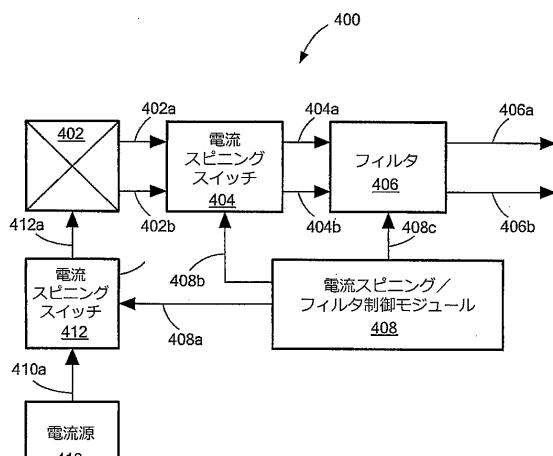
【図5】



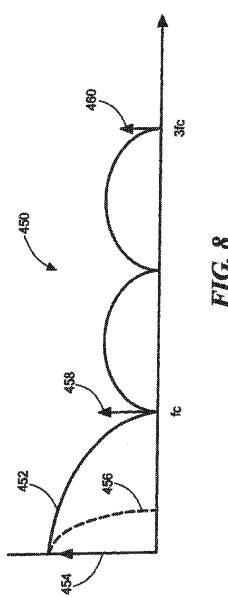
【図6】



【 図 7 】



【 図 8 】



88

【 四 9 】

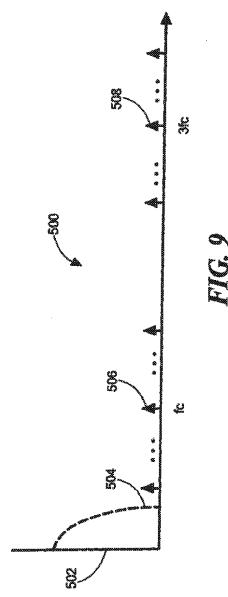


FIG. 9

フロントページの続き

(74)代理人 100147991

弁理士 鳥居 健一

(72)発明者 ロメロ, エルナン・デー

アルゼンチン国 1636 ブエノスアイレス, オリボス, ピセンテ・ロペス, マリアノ・モレノ
2151

(72)発明者 シエインケルマン, リカルド

アルゼンチン国 セ-1014アーベーベー シウダ・アウトノマ・デ・ブエノスアイレス, パレ
ラ 36 5 セ-

(72)発明者 モンレアル, ジェラルド・エイ

アルゼンチン国 1631 ブエノスアイレス, ピラール, アラス・デ・ピラール, ラ・プラテ
ラ 1144

審査官 深田 高義

(56)参考文献 特開2007-304000 (JP, A)

特表2008-509414 (JP, A)

米国特許出願公開第2012/0217955 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/14