

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-91643

(P2018-91643A)

(43) 公開日 平成30年6月14日 (2018. 6. 14)

(51) Int. Cl.
G 0 1 R 33/02 (2006.01)F 1
G 0 1 R 33/02テーマコード (参考)
2 G 0 1 7

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2016-232819 (P2016-232819)
(22) 出願日 平成28年11月30日 (2016. 11. 30)(71) 出願人 000006895
矢崎総業株式会社
東京都港区三田1丁目4番28号
(74) 代理人 110002000
特許業務法人栄光特許事務所
(72) 発明者 谷川 純也
静岡県裾野市御宿1500 矢崎総業株式
会社内
(72) 発明者 杉山 洋貴
静岡県裾野市御宿1500 矢崎総業株式
会社内
(72) 発明者 石居 真
静岡県裾野市御宿1500 矢崎総業株式
会社内

最終頁に続く

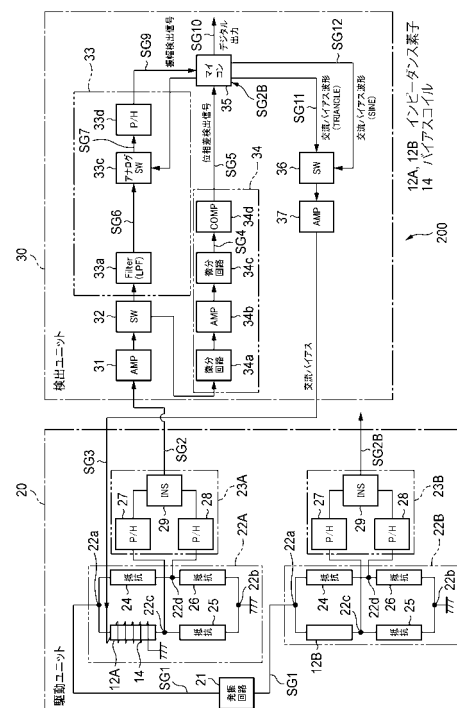
(54) 【発明の名称】 磁界検出センサ

(57) 【要約】

【課題】消費電流の抑制、検出精度の向上、および磁界検出範囲の拡大が可能な磁界検出センサを提供すること。

【解決手段】磁気インピーダンス効果が生じる第1の磁気インピーダンス素子12Aおよび第2の磁気インピーダンス素子12Bを利用し、前者にはバイアスコイル14で交流バイアス磁界を印加し、後者にはバイアスを印加せず、異なるモードで動作させる。第1の磁気インピーダンス素子12Aおよび第2の磁気インピーダンス素子12Bの各インピーダンス変化に応じた2種類の電気信号SG2、SG2Bを生成し、複数種類の検出方法を組み合わせて使用する。磁界の大きさに応じて変化する重み係数を用いて複数種類の検出方法の出力に重み付けを行い、計算結果を最適化する。複数の検出特性のオフセット調整、極性調整などを行って、検出特性の形状等を互いに近づける。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気インピーダンス効果が生じる磁性材料を含む第 1 の磁気検出素子および第 2 の磁気検出素子と、

前記第 1 の磁気検出素子の前記磁性材料に対してバイアス磁界を印加するバイアスコイルと、

前記第 1 の磁気検出素子および前記第 2 の磁気検出素子の前記磁性材料に対して高周波電流を供給する高周波発振回路と、

前記バイアスコイルに交流バイアス電流を供給する交流バイアス回路と、

前記バイアス磁界が印加される状態の前記第 1 の磁気検出素子のインピーダンス変化に基づいて、外部磁界の影響を含む第 1 の検出信号を生成する第 1 の検出回路と、

前記バイアス磁界が印加されない状態の前記第 2 の磁気検出素子のインピーダンス変化に基づいて、外部磁界の影響を含む第 2 の検出信号を生成する第 2 の検出回路と、

前記第 1 の検出信号および前記第 2 の検出信号に基づいて、外部磁界の大きさおよび方向を算出する磁界演算部と、

を備えた磁界検出センサ。

【請求項 2】

前記第 1 の検出回路は、

外部磁界が印加されない状態の前記第 1 の磁気検出素子の特性におけるインピーダンスの極値位置を基準点とし、前記基準点からのインピーダンスの変化量に応じて変化する電気信号を生成すると共に、

前記電気信号の電圧の変化の方向が切り替わる各頂点のタイミングにおける振幅を検出する振幅検出回路と、前記電気信号の電位が前記第 1 の磁気検出素子の特性における前記基準点を通過するタイミングを検出する位相検出回路と、の少なくとも一方を含む、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の磁界検出センサ。

【請求項 3】

前記磁界演算部は、前記第 1 の検出信号および前記第 2 の検出信号の少なくとも一方に対して状況に応じて変化する重み付けを行い、外部磁界の大きさを算出する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の磁界検出センサ。

【請求項 4】

前記磁界演算部は、

互いに検出特性が異なる前記第 1 の検出信号と前記第 2 の検出信号とを組み合わせ、外部磁界の大きさおよび方向の算出に利用すると共に、前記第 1 の検出信号、および前記第 2 の検出信号の少なくとも一方の検出特性に対して、複数の検出特性が互いに近づくよう、オフセットの補正、および領域毎の極性の補正を行う、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の磁界検出センサ。

【請求項 5】

前記磁界演算部は、前記第 1 の検出信号、および前記第 2 の検出信号の少なくとも一方の検出特性に対して、小さい磁界に相当する非線形の領域を線形に近づけるためにゲイン調整を行う、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の磁界検出センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気インピーダンス効果を利用する磁界検出センサに関する。

【背景技術】

【0002】

磁気インピーダンス効果を利用した磁気検出素子（MI 素子）を用いた磁気センサの従来技術が例えば特許文献 1～特許文献 3 に示されている。例えば、アモルファス合金ワイヤなどの高透磁率合金磁性体においては、表皮効果の影響により、外部磁界に応じてイン

10

20

30

40

50

ピーダンスが敏感に変化する。これが磁気インピーダンス効果である。

【0003】

特許文献1に示された構成においては、コルピッツ発振回路にMI素子が組み込まれている。また、このMI素子に巻回されたコイルに交流バイアス電流が流されることにより、MI素子に交流バイアス磁界がかけられる。そして、外部磁界とバイアス磁界に応じたMI素子のインピーダンス変化により、発振回路の出力に振幅変調波形が得られる。この振幅変調波形における高低差が外部磁界の強さに対応する。したがって、振幅変調波形を検波した後で、直流成分を除去し、コンパレータで電圧を比較することにより、パルス幅変調されたデジタル波形の出力信号を得ている。つまり、発振回路の出力における振幅の変化分から外部磁界の強さを求めるようにしている。

10

【0004】

特許文献2に示された構成においては、発振回路の出力する高周波の正弦波電流を、バッファ回路を経由して、薄膜磁気インピーダンス素子の磁気コアの両端に印加している。検波回路は、磁気インピーダンス素子に印加された外部磁界に応じて変化する高周波電流の変化量から外部磁界の磁気変化量を検出する。また、磁気インピーダンス素子のヒステリシスを解消するヒステリシスキャンセル回路を具備している。また、磁気インピーダンス素子の動作点を移動するためにバイアスコイルに電流を流している。更に、検出された磁界に応じて負帰還コイルに電流を流している。

【0005】

また、特許文献3に示された磁界検出センサにおいては、特別な構成の磁気インピーダンス素子を採用している。すなわち、この磁気インピーダンス素子は、長手方向が磁界の検出方向とされ、磁性膜の磁化容易軸が長手方向に沿う方向に磁気異方性がつけられている。ここで、磁界の検出方向と磁性膜の磁化容易軸とを同方向とすることにより磁気インピーダンス特性をピラミッド型にすることができる。そのため、M字型の特性のように傾きが急峻となるところまで直流及び交流バイアスを掛ける必要が無い。更に、ピラミッド型ではM字型よりもヒステリシスが小さいため検出精度を向上でき、且つ、傾きが全域に亘って所定の傾斜を有していることから、検出範囲を広くすることができる。従って、消費電流を抑えると共に検出精度を高め、且つ、検出範囲を広げることができる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0006】

【特許文献1】特開平9-127218号公報

【特許文献2】特開2000-180521号公報

【特許文献3】特開2015-92144号公報

【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、特許文献1および特許文献2に示されているような磁気インピーダンス効果を利用した従来の磁界検出センサにおいては、以下に示すような課題がある。

(1) 磁界を検出できる範囲が狭い。

40

(2) 磁気インピーダンス素子の磁気インピーダンス特性がM字型であるため、交流バイアスを用いる場合に、傾きが急峻な位置まで交流バイアスをかけないと高感度の測定ができない。そのため、消費電流が増大する。

(3) 磁気インピーダンス特性がM字型の磁気インピーダンス素子は、ピラミッド型と比べてヒステリシスが大きくなる。そのため、検出精度が低下する。

【0008】

一方、特許文献3のようにピラミッド型の磁気インピーダンス特性を有する磁気インピーダンス素子を採用する場合には、上記(2)、(3)の課題を改善できる。しかし、特許文献3の図1に示されている構成の回路を用いて磁界を検出する場合には、外部磁界が大きくなると、特許文献3の図6(d)に示されている微分回路出力に必要なパルスが現

50

れなくなるため、当該パルスの位相を検知できず磁界を検出できない状態になる。したがって、上記（１）の課題を解消できない。

【０００９】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、消費電流の抑制、検出精度の向上、および磁界検出範囲の拡大が可能な磁界検出センサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

前述した目的を達成するために、本発明に係る磁界検出センサは、下記（１）～（５）を特徴としている。

（１） 磁気インピーダンス効果が生じる磁性材料を含む第１の磁気検出素子および第２の磁気検出素子と、

前記第１の磁気検出素子の前記磁性材料に対してバイアス磁界を印加するバイアスコイルと、

前記第１の磁気検出素子および前記第２の磁気検出素子の前記磁性材料に対して高周波電流を供給する高周波発振回路と、

前記バイアスコイルに交流バイアス電流を供給する交流バイアス回路と、

前記バイアス磁界が印加される状態の前記第１の磁気検出素子のインピーダンス変化に基づいて、外部磁界の影響を含む第１の検出信号を生成する第１の検出回路と、

前記バイアス磁界が印加されない状態の前記第２の磁気検出素子のインピーダンス変化に基づいて、外部磁界の影響を含む第２の検出信号を生成する第２の検出回路と、

前記第１の検出信号および前記第２の検出信号に基づいて、外部磁界の大きさおよび方向を算出する磁界演算部と、

を備えた磁界検出センサ。

【００１１】

（２） 前記第１の検出回路は、

外部磁界が印加されない状態の前記第１の磁気検出素子の特性におけるインピーダンスの極値位置を基準点とし、前記基準点からのインピーダンスの変化量に応じて変化する電気信号を生成すると共に、

前記電気信号の電圧の変化の方向が切り替わる各頂点のタイミングにおける振幅を検出する振幅検出回路と、前記電気信号の電位が前記第１の磁気検出素子の特性における前記基準点を通過するタイミングを検出する位相検出回路と、の少なくとも一方を含む、

ことを特徴とする上記（１）に記載の磁界検出センサ。

【００１２】

（３） 前記磁界演算部は、前記第１の検出信号および前記第２の検出信号の少なくとも一方に対して状況に応じて変化する重み付けを行い、外部磁界の大きさを算出する、

ことを特徴とする上記（１）に記載の磁界検出センサ。

【００１３】

（４） 前記磁界演算部は、

互いに検出特性が異なる前記第１の検出信号と前記第２の検出信号とを組み合わせ、外部磁界の大きさおよび方向の算出に利用すると共に、前記第１の検出信号、および前記第２の検出信号の少なくとも一方の検出特性に対して、複数の検出特性が互いに近づくよう、オフセットの補正、および領域毎の極性の補正を行う、

ことを特徴とする上記（１）に記載の磁界検出センサ。

【００１４】

（５） 前記磁界演算部は、前記第１の検出信号、および前記第２の検出信号の少なくとも一方の検出特性に対して、小さい磁界に相当する非線形の領域を線形に近づけるためにゲイン調整を行う、

ことを特徴とする上記（４）に記載の磁界検出センサ。

【００１５】

上記（１）の構成の磁界検出センサによれば、磁界演算部は、バイアス磁界が印加される状態の第１の磁気検出素子のインピーダンス変化特性（第１の検出特性）と、バイアス磁界が印加されない第２の磁気検出素子のインピーダンス変化特性（第２の検出特性）との両方を利用して外部磁界の大きさおよび方向を算出することができる。互いに種類が異なる第１の検出特性および第２の検出特性は、磁界の大きさ等の領域の違いによって、検出が不可能な状態になったり、検出精度や感度が低下する可能性がある。しかし、例えば磁界の大きさに応じて第１の検出特性および第２の検出特性の両方を使い分けることにより、磁界の広い範囲に亘って、高い検出精度を確保できる。

【００１６】

上記（２）の構成の磁界検出センサによれば、第１の検出回路が、第１の磁気検出素子の基準点に対するインピーダンスの変化量に相当する電気信号を生成する。したがって、動作点を基準点からずらすために大きな直流バイアス電流を流す必要がない。また、振幅検出回路および位相検出回路の少なくとも一方を利用することにより、例えば磁界が比較的小さい領域において高精度の検出結果が得られる。

【００１７】

上記（３）の構成の磁界検出センサによれば、第１の検出信号および第２の検出信号の両方を利用して磁界の大きさを算出する場合に、上記の重み付けを行うことにより、算出結果を最適化することが可能になる。例えば、第１の検出信号を用いた検出処理および第２の検出信号を用いた検出処理の各々において、得意とする磁界範囲における重みを大きくすることにより、磁界の大きさの広い範囲に亘り、算出結果の誤差を低減できる。

【００１８】

上記（４）の構成の磁界検出センサによれば、第１の検出信号の検出特性の形状と、第２の検出信号の検出特性の形状とが大きく異なる状況であっても、これらの検出特性の形状が互いに近づくように修正できる。したがって、複数の検出特性の重み付けをある領域で切り替えるような場合に、算出結果の数値が不連続になるのを避けることができ、切替処理が容易になる。

【００１９】

上記（５）の構成の磁界検出センサによれば、検出特性の中の小さい磁界に相当する領域に非線形、あるいは不連続な箇所が発生した場合であっても、領域毎に適切なゲイン調整を行うことにより、全体を線形の検出特性に修正することができる。したがって、広い範囲に亘って検出精度を向上することができる。

【発明の効果】

【００２０】

本発明の磁界検出センサによれば、消費電流の抑制、検出精度の向上、および磁界検出範囲の拡大が可能になる。すなわち、互いに種類が異なる前記第１の検出特性および第２の検出特性は、磁界の大きさ等の領域の違いによって、検出が不可能な状態になったり、検出精度や感度が低下する可能性があるが、例えば磁界の大きさに応じて第１の検出特性および第２の検出特性の両方を使い分けることにより、磁界の広い範囲に亘って、高い検出精度を確保できる。また、基準点からのインピーダンスの変化量に応じて変化する電気信号を生成することにより、動作点を前記基準点からずらす必要がなく、大きな直流バイアス電流を流す必要がなくなる。

【００２１】

以上、本発明について簡潔に説明した。更に、以下に説明される発明を実施するための形態（以下、「実施形態」という。）を添付の図面を参照して通読することにより、本発明の詳細は更に明確化されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【００２２】

【図１】図１は、本発明の実施形態における磁界検出センサの構成例を示すブロック図である。

【図２】図２（ａ）および図２（ｂ）は、２種類の磁気インピーダンス素子の各々の構成

10

20

30

40

50

例を示す斜視図である。

【図 3】図 3 は、磁気インピーダンス素子の磁気検出特性の具体例を示すグラフである。

【図 4】図 4 は、複数の磁気インピーダンス素子の配置形態、感磁軸、および外部地場の方向の例を示す正面図である。

【図 5】図 5 は、交流バイアスが印加される磁気インピーダンス素子における入力磁界と出力信号との相関関係の例を示すグラフである。

【図 6】図 6 は、磁界検出センサ内部の主要な信号の変化例を示すタイムチャートである。

【図 7】図 7 は、外部磁界が大きい場合の主要な信号の変化例を示すタイムチャートである。

【図 8】図 8 は、外部磁界と位相検出回路の動作との関係の例を示すグラフである。

【図 9】図 9 は、外部磁界と振幅検出回路が検出する振幅との関係の例を示すグラフである。

【図 10】図 10 は、外部磁界と信号 S G 2 B との関係の例を示すグラフである。

【図 11】図 11 は、複数種類の検出特性と得意／不得意を表す各エリアとの関係を示すグラフである。

【図 12】図 12 は、2 種類の検出特性の初期状態を並べて示すグラフである。

【図 13】図 13 は、図 12 に示した各特性のオフセットおよび一部分の領域の極性を補正した結果を示すグラフである。

【図 14】図 14 は、図 13 に示した 2 つの特性の一方の極性を反転した結果を並べて示すグラフである。

【図 15】図 15 は、複数の特性と重み付けの関係の例を示すグラフである。

【図 16】図 16 は、重み付けによる電流換算の処理前と処理後の特性を示すグラフである。

【図 17】図 17 は、特異点の近傍に非線形の領域が生じる場合の 2 種類の特性を並べて示すグラフである。

【図 18】図 18 は、図 17 に示した 2 つの特性の一方の極性を反転した結果を並べて示すグラフである。

【図 19】図 19 は、図 18 に示した 2 つの特性と重み付けとの関係の例を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本発明に関する具体的な実施形態について、各図を参照しながら以下に説明する。

【0024】

<磁界検出センサ 200 の構成例>

本発明の実施形態における磁界検出センサ 200 の構成例を図 1 に示す。

図 1 に示した磁界検出センサ 200 は、駆動ユニット 20 および検出ユニット 30 により構成されている。詳細については後で説明するが、駆動ユニット 20 に含まれている 2 個の磁気インピーダンス素子 12 A、12 B の各々は、磁気インピーダンス効果が生じる磁性材料を含んでいる。つまり、この磁界検出センサ 200 は磁気インピーダンス素子 12 A、12 B を利用して外部磁界を検出する。

【0025】

図 1 に示した駆動ユニット 20 は、発振回路 21、ブリッジ回路 22 A、22 B、信号処理部 23 A、および 23 B を備えている。一方のブリッジ回路 22 A は、磁気インピーダンス素子 12 A と、3 個の抵抗器 24、25、および 26 とで構成されている。磁気インピーダンス素子 12 A は、その磁性材料の長手方向の一端および他端でブリッジ回路 22 A と接続されている。もう一方のブリッジ回路 22 B の構成は、磁気インピーダンス素子 12 B を磁気インピーダンス素子 12 A の代わりに用いている点のみが、ブリッジ回路 22 A と異なっている。

【0026】

一方の磁気インピーダンス素子 1 2 A の磁性材料の周囲には、バイアスコイル 1 4 が配置されている。このバイアスコイル 1 4 は、磁気インピーダンス素子 1 2 A の磁性材料に交流バイアス磁界を印加するために設けてある。また、本実施形態では、バイアスコイル 1 4 は負帰還用の磁界を発生するためにも利用される。バイアスコイル 1 4 の一端に交流バイアス信号 S G 3 が印加される。バイアスコイル 1 4 の他端はアースと接続されている。交流バイアス信号 S G 3 の波形は基本的には三角波であるが、正弦波、矩形波でも良い。

【0027】

また、バイアスコイル 1 4 が備わっているのは磁気インピーダンス素子 1 2 A のみであり、もう一方の磁気インピーダンス素子 1 2 B にはバイアスコイル 1 4 が備わっていない。つまり、一方の磁気インピーダンス素子 1 2 A は交流バイアス磁界を印加した状態で動作し、もう一方の磁気インピーダンス素子 1 2 B は交流バイアス磁界を印加しない状態で動作する。

【0028】

磁気インピーダンス素子 1 2 A、および 1 2 B は、1 つの抵抗器としてブリッジ回路 2 2 A、および 2 2 B にそれぞれ接続されている。本実施形態で採用している磁気インピーダンス素子 1 2 A、および 1 2 B は、外部磁界が印加されない基準状態でインピーダンス（直流抵抗）が最大になる特性を有している。そして、磁気インピーダンス素子 1 2 A、1 2 B のインピーダンスが最大になった状態でブリッジ回路 2 2 A、2 2 B が平衡状態になるように、抵抗器 2 4、2 5、および 2 6 の各抵抗値を選定してある。

【0029】

各ブリッジ回路 2 2 A、2 2 B の入力側の端子 2 2 a、および 2 2 b は、それぞれ発振回路 2 1 の出力、およびアースと接続してある。発振回路 2 1 は、例えば数十 [MHz] 程度の周波数の高周波電圧を信号 S G 1 として各ブリッジ回路 2 2 A、2 2 B に供給する。信号 S G 1 の波形は矩形波である。

【0030】

ブリッジ回路 2 2 A の出力側の端子 2 2 c、および 2 2 d は、それぞれ信号処理部 2 3 A の入力端子と接続されている。また、ブリッジ回路 2 2 B の出力側の端子 2 2 c、および 2 2 d は、それぞれ信号処理部 2 3 B の入力端子と接続されている。

2 つの信号処理部 2 3 A、2 3 B の内部構成は同一である。これらの内部には、2 つのピークホールド回路（P/H）2 7 および 2 8 と、計装増幅器（INS）2 9 とがそれぞれ備わっている。

【0031】

ピークホールド回路 2 7 は、入力に接続された各ブリッジ回路 2 2 A、2 2 B の端子 2 2 c に現れる電位のピーク電位を検出して保持する。ピークホールド回路 2 8 は、入力に接続された各ブリッジ回路 2 2 A、2 2 B の端子 2 2 d に現れる電位のピーク電位を検出して保持する。計装増幅器 2 9 は、ピークホールド回路 2 7 が保持するピーク電位と、ピークホールド回路 2 8 が保持するピーク電位との電位差を増幅し、信号 S G 2 又は S G 2 B として出力する。

【0032】

一方、検出ユニット 3 0 の内部には、増幅器（AMP）3 1、スイッチ回路（SW）3 2、振幅検出回路 3 3、位相検出回路 3 4、マイクロコンピュータ（マイコン）3 5、スイッチ回路 3 6、および増幅器 3 7 が備わっている。

【0033】

また、振幅検出回路 3 3 は、ローパスフィルタ（LPF）3 3 a、アナログスイッチ 3 3 c、およびピークホールド回路 3 3 d を備えている。位相検出回路 3 4 は、微分回路 3 4 a、増幅器 3 4 b、微分回路 3 4 c、およびコンパレータ（COMP）3 4 d を備えている。

【0034】

マイクロコンピュータ 3 5 は、予め組み込まれているプログラムを実行することにより

、磁界検出センサ 200 の機能を実現するための各種制御を行う。例えば、振幅検出回路 33 が出力する振幅検出信号 S G 9、位相検出回路 34 が出力する位相差検出信号 S G 5、および信号処理部 23 B の出力信号 S G 2 B、に基づいて検出された外部磁界の大きさおよび方向を把握し、その情報をデジタル出力信号 S G 10 として出力する。また、三角波の交流バイアス波形出力信号 S G 11、および正弦波の交流バイアス波形出力信号 S G 12 をマイクロコンピュータ 35 が出力する。

【0035】

交流バイアス波形出力信号 S G 11、および S G 12 は、スイッチ回路 36 および増幅器 37 を経由して駆動ユニット 20 に印加され、交流バイアス信号 S G 3 としてバイアスコイル 14 に供給される。

10

【0036】

<磁気インピーダンス素子 12 の構成例>

2 種類の磁気インピーダンス素子 12 の各々の構成例を図 2 (a) および図 2 (b) にそれぞれ示す。図 2 (a) に示すように、磁気インピーダンス素子 12 は、非磁性基板 12 a と、磁性薄膜 (磁性膜) 12 b と、電極 12 c、12 d とにより構成されている。

【0037】

非磁性基板 12 a は、非磁性体から構成される基板であって、プリント基板 100 に載置されている。この非磁性基板 12 a は、チタン酸カルシウム、酸化物ガラス、チタニア、アルミナ等によって構成されており、本実施形態では略直方体に構成されている。

【0038】

磁性薄膜 12 b は、高透磁率金属磁性膜によって構成されており、図 2 (a) に示すように、非磁性基板 12 a の表面のうち、プリント基板 100 が設けられる面の反対面において平面視してミアンダ形状 (つづら折れ形状) となるように形成されている。より詳細に、この磁性薄膜 12 b は、矩形波形状における立ち上り及び立ち下り方向が、略直方体をなす非磁性基板 12 a の長手方向に伸びている。

20

【0039】

また、磁性薄膜 12 b は、その磁化容易軸方向が膜面内で磁性薄膜 12 b の長手方向と同方向となるように磁気異方性がつけられており、全体として非磁性基板 12 a の長手方向と磁化容易軸方向とが同方向となるようにされている。

【0040】

電極 12 c、12 d は、非磁性基板 12 a の表面、且つ、磁性薄膜 12 b の両端に設けられており、プリント基板 100 上の電極 100 a、100 b とボンディングワイヤにて接続されるものである。したがって、プリント基板 100 上の電極 100 a、100 b がそれぞれ図 1 に示したブリッジ回路 22 の端子 22 a、22 c と接続される。

30

【0041】

さらに、図 2 (a) に示すように、プリント基板 100 は磁気インピーダンス素子 12 の幅方向の両側に、磁気インピーダンス素子 12 と間隔を開けて、切欠き部 100 c を備えている。切欠き部 100 c は、プリント基板 100 の一端からプリント基板 100 の中央付近まで伸びている。

【0042】

また、バイアスコイル 14 は、プリント基板 100 の切欠き部 100 c を介して、磁気インピーダンス素子 12 の周囲に巻きまわされている。このため、バイアスコイル 14 のコイル軸方向は、非磁性基板 12 a の長手方向と同方向となり、当該磁気インピーダンス素子 12 の長手方向が磁界の検出方向とされる。さらに、上記したように、非磁性基板 12 a の長手方向と磁化容易軸方向とが同方向となるようにされていることから、磁性薄膜 12 b の磁化容易軸は磁界の検出方向と同方向となるように磁気異方性がつけられていることとなる。

40

【0043】

また、図 2 (b) に示すように、磁性薄膜 12 b は、非磁性基板 12 a の裏面、すなわちプリント基板 100 が設けられる側の面に形成されてもよい。この場合、電極 12 c、

50

12dは、非磁性基板12aの裏面、且つ、磁性薄膜12bの両端に設けられることとなる。また、プリント基板100上の電極100a、100bについても、非磁性基板12aの裏面側に設けられている。図1に示した磁界検出センサ200の磁気インピーダンス素子12の構成としては、図2(a)、図2(b)のいずれの構成を採用してもよい。

【0044】

図1に示した磁界検出センサ200が採用している一方の磁気インピーダンス素子12Aは、図2(a)、図2(b)の磁気インピーダンス素子12と同様にバイアスコイル14を備えている。しかし、もう一方の磁気インピーダンス素子12Bには不要であるためバイアスコイル14が存在しない。

【0045】

<磁気インピーダンス素子12の磁気検出特性>

磁気インピーダンス素子12の磁気検出特性の具体例を図3に示す。図3において、横軸は外部磁界の大きさおよび方向 H [Oe]を表し、縦軸は磁性薄膜12bの長手方向の両端の間のインピーダンス(直流抵抗) [Ω]を表す。

【0046】

つまり、磁気インピーダンス素子12のインピーダンスは、図3に示すように外部磁界の大きさがゼロの状態では最大になり、正方向または逆方向の外部磁界が印加されると外部磁界の大きさに比例するようにインピーダンスが減少するので、ピラミッドのような形状になる。したがって、磁気インピーダンス素子12、12A、12Bの特性は、特許文献1、特許文献2に示されたようなM字形状の一般的な磁気インピーダンス素子とは大きく異なる。

【0047】

このようなピラミッド型の特性を有する磁気インピーダンス素子12、12A、12Bを採用することにより、インピーダンスが極値(この場合はピーク値)になる基準点の近傍であっても、図3に示すように外部磁界の変化に対するインピーダンス変化の傾きが十分に大きくなる。そのため、前記基準点からずれた位置に動作点をシフトすることなく高感度で外部磁界を検出可能であり、大きなバイアス電流を流す必要がない。

【0048】

<配置形態、感磁軸、外部地場の方向>

複数の磁気インピーダンス素子12A、12Bの配置形態、感磁軸、および外部地場の方向の例を図4に示す。

【0049】

図1に示した磁界検出センサ200に備わっている2個の磁気インピーダンス素子12A、および12Bは、例えば図4に示すように、互いに接近した状態で、同じ軸(Y)の方向に並べて配置される。また、磁気インピーダンス素子12A、12Bの磁性薄膜12bの長手方向が同じ向きになるように図4のように並べて配置される。

【0050】

したがって、図4に示した例では、2個の磁気インピーダンス素子12A、12Bの感磁軸がいずれもX軸と平行な向きになる。そのため、X軸の正方向および負方向の外部磁界により、磁気インピーダンス素子12A、12Bのインピーダンスは図3に示したように変化する。

【0051】

<一方の磁気インピーダンス素子12Aを使用する場合の基本的な動作原理>

磁気インピーダンス素子12Aにおける入力磁界と出力信号との相関関係の例を図5に示す。図5において、インピーダンス特性41のグラフの横軸は磁気インピーダンス素子12Aに加わる入力磁界の大きさおよび方向 H [A/m]を表し、縦軸は磁気インピーダンス素子12Aの磁性薄膜12bにおける長手方向両端間のインピーダンス Z (交流抵抗値) [Ω]を表す。

【0052】

なお、図1に示したもう一方の磁気インピーダンス素子12Bを使用する場合には、交

10

20

30

40

50

流バイアスを印加しないので、図 3 に示したようなインピーダンスの変化をそのまま電圧に変換した信号 S G 2 B を利用してマイクロコンピュータ 3 5 が外部磁界の大きさを検出できる。

【0053】

図 5 に示すように、インピーダンス特性 4 1 の基準点 4 1 r を中心として動作するように、バイアスコイル 1 4 に流れる電流によって交流バイアス磁界 4 2 が磁性薄膜 1 2 b に印加される。図 5 の例では振幅 V_p の大きさを波形が三角波の交流バイアス磁界 4 2 を印加する場合を想定している。したがって、基準点 4 1 r を中心としてプラス方向およびマイナス方向に、 V_p の振幅で交流バイアス磁界 4 2 の方向が交互に変化する。

【0054】

そして、この交流バイアス磁界 4 2 の他に、検出対象の外部磁界が磁性薄膜 1 2 b に印加される。したがって、図 5 に示すように外部磁界と交流バイアス磁界の和 4 2 P、4 2 N、4 2 N 2 等が磁性薄膜 1 2 b に印加される。つまり、外部磁場がプラス方向の場合には交流バイアス磁界 4 2 の波形を外部磁場の大きさだけプラス方向にシフトした波形が外部磁界と交流バイアス磁界の和 4 2 P として磁性薄膜 1 2 b に印加される。外部磁場がマイナス方向の場合には交流バイアス磁界 4 2 の波形を外部磁場の大きさだけマイナス方向にシフトした波形が外部磁界と交流バイアス磁界の和 4 2 N、4 2 N 2 として磁性薄膜 1 2 b に印加される。

【0055】

そして、磁性薄膜 1 2 b に印加される磁界、すなわち交流バイアス磁界 4 2、外部磁界と交流バイアス磁界の和 4 2 P、4 2 N、4 2 N 2 と、インピーダンス特性 4 1 とに従い、インピーダンス Z が変化する。このインピーダンス Z の変化を、例えば図 1 に示したブリッジ回路 2 2 A を用いて、センサ出力信号 4 3、4 3 P、4 3 N、4 3 N 2 として取り出すことができる。

【0056】

図 5 において、センサ出力信号 4 3、4 3 P、4 3 N、および 4 3 N 2 は、それぞれ交流バイアス磁界 4 2、外部磁界と交流バイアス磁界の和 4 2 P、4 2 N、および 4 2 N 2 に対応する。つまり、交流バイアス磁界 4 2 の変化と外部磁場とに応じて、センサ出力信号 4 3、4 3 P、4 3 N、4 3 N 2 の状態が定まる。また、図 5 に示したセンサ出力信号 4 3、4 3 P、4 3 N、4 3 N 2 において、縦方向は信号の電位および振幅を表し、横方向は時間 t の変化を表している。

【0057】

外部磁場がゼロの場合には、センサ出力信号 4 3 が出力される。つまり、基準点 4 1 r の抵抗値に対応する電位 V_r と、この点から振幅 V_p に対応する電位差だけずれた電位 V_1 までの間で交流バイアス磁界 4 2 の変化に伴って変化するようなセンサ出力信号 4 3 が得られる。

【0058】

また、プラス方向の外部磁場が印加された場合には、基準点 4 1 r の電位 V_r から外部磁場の大きさだけシフトした電位 $V_r P$ を中心として、振幅 V_p に対応する電位差だけ上下にずれた電位までの間で、交流バイアス磁界 4 2 の変化に伴って変化するようなセンサ出力信号 4 3 P が得られる。また、マイナス方向の外部磁場が印加された場合には、基準点 4 1 r の電位 V_r から外部磁場の大きさだけシフトした電位 $V_r N$ を中心として、振幅 V_p に対応する電位差だけ上下にずれた電位までの間で、交流バイアス磁界 4 2 の変化に伴って変化するようなセンサ出力信号 4 3 N が得られる。

【0059】

図 5 に示すように、センサ出力信号 4 3、4 3 P、4 3 N の間には、外部磁場の大きさおよび方向の違いに応じた変化が現れる。したがって、このセンサ出力信号 4 3 P、4 3 N に基づいて、外部磁場の大きさおよび方向を特定することが可能である。

【0060】

また、外部磁場の大きさが交流バイアス磁界 4 2 の振幅 V_p よりも小さい場合には、磁

10

20

30

40

50

界 4 2 N 2 の変化に対して、センサ出力信号 4 3 N 2 が得られる。この場合、磁界 4 2 N 2 が基準点（磁界がゼロ）4 1 r を通過するタイミングで、センサ出力信号 4 3 N 2 の電圧の変化の方向が切り替わる頂点 P x 1、P x 2 が現れる。これらの頂点 P x 1、P x 2 のタイミングは、外部磁界の大きさに応じて変化する。したがって、例えば頂点 P x 1、P x 2 の位相差を計測することにより、外部磁界の大きさを算出可能である。

【0061】

<磁界検出センサ 200 内部の主要な信号の変化例>

磁界検出センサ 200 内部の主要な信号の変化例を図 6 に示す。図 6 において、各信号の横軸は共通の時間 t を表し、縦軸は電位を表している。

【0062】

図 6 に示すように、バイアスコイル 1 4 に印加されるバイアス信号 S G 3 の波形は三角波である。このバイアス信号 S G 3 は、マイクロコンピュータ 3 5 が出力する矩形波の信号 S G 0 1 に基づいて生成される。

【0063】

例えば、時刻 t 1 1 で信号 S G 0 1 が低電位 V L から高電位 V H に立ち上がると、バイアス信号 S G 3 の電位は一定の傾きで下降を開始し、時刻 t 1 2 で信号 S G 0 1 が高電位 V H から低電位 V L に立ち下がるまでその状態が継続する。また、この時刻 t 1 2 でバイアス信号 S G 3 の電位は一定の傾きで上昇を開始し、時刻 t 1 3 で信号 S G 0 1 が低電位 V L から高電位 V H に立ち上がるまでその状態が継続する。このような動作の繰り返しによって、三角波の波形が生成される。

【0064】

図 6 中に示した各信号 S G 2 - A、S G 2 - B、S G 2 - C は、ブリッジ回路 2 2 A の出力、例えば図 1 中の信号処理部 2 3 A が出力する信号 S G 2 の波形に相当する。また、各信号 S G 4 - A、S G 4 - B、S G 4 - C は、微分回路の出力、例えば図 1 中の微分回路 3 4 c が出力する信号 S G 4 に相当する。また、各信号 S G 2 - A および S G 4 - A は外部磁場がゼロの状態を表し、各信号 S G 2 - B および S G 4 - B は、外部磁場がプラス方向の場合の例を表し、各信号 S G 2 - C および S G 4 - C は、外部磁場がマイナス方向の場合の例を表す。

【0065】

図 6 中に示した信号 S G 2 - A の波形は、図 5 中に示したセンサ出力信号 4 3 の波形と同じように変化する。すなわち、バイアス信号 S G 3 の電位がゼロになる各時刻 t 2 2、t 2 4、・・・で基準点 4 1 r に対応する低電位 V L 2 になり、それ以外の時刻ではバイアス信号 S G 3 の電位変化に伴って、V L 2 よりも高い電位に変化する。したがって、信号 S G 2 - A の波形は三角波になるが、その周期はバイアス信号 S G 3 の周期の半分になる。

【0066】

<外部磁場がゼロの場合>

また、信号 S G 2 - A において、振幅 A 1 と A 2 は同じである。ここで、振幅 A 1 はバイアス信号 S G 3 の電位が上昇から下降に変化する各頂点の時刻 t 2 1、t 2 5、t 2 9、・・・における振幅を表し、振幅 A 2 はバイアス信号 S G 3 の電位が下降から上昇に変化する各頂点の時刻 t 2 3、t 2 7、・・・における振幅を表す。

【0067】

一方、図 6 中に示した信号 S G 4 - A の波形においては、信号 S G 2 - A の電位が上昇から下降に変化する各頂点の時刻 t 2 1、t 2 3、t 2 5、・・・において、時間幅の小さいマイナス電位方向のパルス P n が現れる。また、信号 S G 4 - A の波形においては、信号 S G 2 - A の電位が下降から上昇に変化する各頂点の時刻 t 2 2、t 2 4、t 2 6、・・・において、時間幅の小さいプラス電位方向のパルス P p が現れる。

【0068】

また、この信号 S G 4 - A の波形において、例えば互いに隣接する 2 つのプラス電位方向のパルス P p 間の時間周期 T は、信号 S G 0 1 の 1 周期 T 0 の半分の長さであり一定で

10

20

30

40

50

ある。マイナス電位方向のパルス P_n についても同様である。なお、信号 $SG01$ の周波数が f_0 の場合には、周期 T_0 はその逆数、すなわち $(1/f_0)$ で表される。

【0069】

＜プラス方向の外部磁場が印加された場合＞

一方、信号 $SG2-B$ においては、振幅 $A1B$ と $A2B$ とが異なっている。ここで、振幅 $A1B$ は、信号 $SG01$ の 1 周期 T_0 の間で、バイアス信号 $SG3$ の電位が上昇から下降に変化する頂点の時刻 t_{55} における振幅を表し、振幅 $A2B$ はバイアス信号 $SG3$ の電位が下降から上昇に変化する頂点の時刻 t_{57} における振幅を表す。

【0070】

つまり、信号 $SG2-B$ が磁性薄膜 12b に印加されるプラス方向の外部磁場の影響を受けるので、振幅 $A1B$ は外部磁場がゼロの場合の前記振幅 $A1$ よりも大きくなり、振幅 $A2B$ は外部磁場がゼロの場合の前記振幅 $A2$ よりも小さくなる。つまり、振幅 $A1B$ 、 $A2B$ の変化は外部磁場の大きさおよび方向を反映しているので、振幅 $A1B$ 、 $A2B$ の少なくとも一方を利用することにより、外部磁場の大きさおよび方向を算出することが可能である。

【0071】

一方、図 6 中に示した信号 $SG4-B$ の波形においては、信号 $SG2-B$ の電位が上昇から下降に変化する各頂点の時刻 t_{51} 、 t_{53} 、 t_{55} 、・・・において、時間幅の小さいマイナス電位方向のパルス P_n が現れる。また、信号 $SG4-B$ の波形においては、信号 $SG2-B$ の電位が下降から上昇に変化する各頂点の時刻 t_{52} 、 t_{54} 、 t_{56} 、・・・において、時間幅の小さいプラス電位方向のパルス P_p が現れる。

【0072】

また、この信号 $SG4-B$ の波形におけるプラス電位方向のパルス P_p のタイミングは、信号 $SG4-A$ の場合と比べてずれている。つまり、外部磁場の影響が、パルス P_p の位相、すなわち磁気インピーダンス素子 12A のインピーダンス特性における基準点 41r を通過するタイミングの変化に反映されている。例えば、信号 $SG4-B$ の電位が上昇を開始する時刻 t_{54} のパルス P_p から、次に信号 $SG4-B$ の電位が上昇を開始する時刻 t_{56} のパルス P_p までのパルス P_p 間の時間周期 T は、信号 $SG4-A$ の場合よりも大きくなっている。

【0073】

つまり、プラス電位方向のパルス P_p 間の時間周期 T は、外部磁場の影響で生じた各パルス P_p の位相差を反映している。したがって、各パルス P_p の位相差を検出するか、または時間周期 T を検出することにより、外部磁場の大きさおよび方向を算出できる。

＜マイナス方向の外部磁場が印加された場合＞

一方、信号 $SG2-C$ においては、振幅 $A1C$ と $A2C$ とが異なっている。ここで、振幅 $A1C$ は、信号 $SG01$ の 1 周期 T_0 の間で、バイアス信号 $SG3$ の電位が上昇から下降に変化する頂点の時刻 t_{75} における振幅を表し、振幅 $A2C$ はバイアス信号 $SG3$ の電位が下降から上昇に変化する頂点の時刻 t_{77} における振幅を表す。

【0074】

つまり、信号 $SG2-C$ が磁性薄膜 12b に印加されるマイナス方向の外部磁場の影響を受けるので、振幅 $A1C$ は外部磁場がゼロの場合の前記振幅 $A1$ よりも小さくなり、振幅 $A2C$ は外部磁場がゼロの場合の前記振幅 $A2$ よりも大きくなる。つまり、振幅 $A1C$ 、 $A2C$ の変化は外部磁場の大きさおよび方向を反映しているので、振幅 $A1C$ 、 $A2C$ の少なくとも一方を利用することにより、外部磁場の大きさおよび方向を算出することが可能である。

【0075】

一方、図 6 中に示した信号 $SG4-C$ の波形においては、信号 $SG2-C$ の電位が上昇から下降に変化する各頂点の時刻 t_{71} 、 t_{73} 、 t_{75} 、・・・において、時間幅の小さいマイナス電位方向のパルス P_n が現れる。また、信号 $SG4-C$ の波形においては、信号 $SG2-C$ の電位が下降から上昇に変化する各頂点の時刻 t_{72} 、 t_{74} 、 t_{76} 、

・・・において、時間幅の小さいプラス電位方向のパルス P_p が現れる。

【0076】

また、この信号 $SG4-C$ の波形におけるプラス電位方向のパルス P_p のタイミングは、信号 $SG4-A$ の場合と比べてずれている。つまり、外部磁場の影響が、パルス P_p の位相、すなわち磁気インピーダンス素子 $12A$ のインピーダンス特性における基準点 $41r$ を通過するタイミングの変化に反映されている。例えば、信号 $SG4-C$ の電位が上昇を開始する時刻 t_{74} のパルス P_p から、次に信号 $SG4-C$ の電位が上昇を開始する時刻 t_{76} のパルス P_p までのパルス P_p 間の時間周期 T は、信号 $SG4-A$ の場合よりも小さくなっている。

【0077】

つまり、プラス電位方向のパルス P_p 間の時間周期 T は、外部磁場の影響で生じた各パルス P_p の位相差を反映している。したがって、各パルス P_p の位相差を検出するか、または時間周期 T を検出することにより、外部磁場の大きさおよび方向を算出できる。

【0078】

<外部磁界が大きい場合の主要な信号の変化例>

外部磁界が大きい場合の主要な信号の変化例を図7に示す。図7において、各信号の横軸は共通の時間 t を表し、縦軸は電位を表している。また、図7中の各信号 $SG01$ 、 $SG3$ 、 $SG2-A$ 、および $SG4-A$ は、図6の内容と同一である。

【0079】

図7中に示した各信号 $SG2-A$ 、 $SG2-D$ 、 $SG2-E$ は、ブリッジ回路 $22A$ の出力、例えば図1中の信号処理部 $23A$ が出力する信号 $SG2$ の波形に相当する。また、各信号 $SG4-A$ 、 $SG4-D$ 、 $SG4-E$ は、微分回路の出力、例えば図1中の微分回路 $34c$ が出力する信号 $SG4$ に相当する。

【0080】

また、各信号 $SG2-A$ および $SG4-A$ は外部磁場がゼロの状態を表している。また、各信号 $SG2-D$ および $SG4-D$ は、外部磁場がプラス方向で、且つ外部磁界の大きさが交流バイアスの振幅 V_p よりも大きい場合の例を表している。また、各信号 $SG2-E$ および $SG4-E$ は、外部磁場がマイナス方向で、且つ外部磁界の大きさが交流バイアスの振幅 V_p よりも大きい場合の例を表している。

【0081】

図7に示した例では、外部磁界が振幅 V_p よりも大きい影響で、信号 $SG2-D$ および $SG2-E$ の各々の波形が、バイアス信号 $SG3$ とほぼ同じになっている。そのため、信号 $SG4-D$ に現れるプラス方向の各パルス P_p の位相は一定になり、隣接する2つのパルス P_p の間の時間周期 T も一定になる。同様に、信号 $SG4-E$ においても、プラス方向の各パルス P_p の位相が一定になり、隣接する2つのパルス P_p の間の時間周期 T も一定になる。

【0082】

したがって、図7に示したような状況においては、信号 $SG4-D$ 、 $SG4-E$ におけるパルスの位相や周期から、外部磁場を検知することができない。つまり、図6に示した信号 $SG4-B$ 、 $SG4-C$ のようにパルス P_p の位相の変化を検出できるのは、外部磁界の大きさが交流バイアスの振幅 V_p よりも小さい場合のみに限られる。

【0083】

しかし、図7に示した状況においても、信号 $SG2-D$ の振幅 A_{1D} 、 A_{2D} には、外部磁界の大きさの影響が現れているので、これらの振幅 A_{1D} 、 A_{2D} の少なくとも一方の情報に基づいて、外部磁界の大きさや方向を算出することが可能である。同様に、信号 $SG2-E$ の振幅 A_{1E} 、 A_{2E} には、外部磁界の大きさの影響が現れているので、これらの振幅 A_{1E} 、 A_{2E} の少なくとも一方の情報に基づいて、外部磁界の大きさや方向を算出することが可能である。

【0084】

<検出ユニット30の動作>

10

20

30

40

50

図 1 に示した検出ユニット 30 内の増幅器 31 の入力には、駆動ユニット 20 の計装増幅器 29 から出力される信号 S G 2 が印加される。この信号 S G 2 は、外部磁場がゼロの場合には図 6 に示した信号 S G 2 - A のような三角波の波形である。また、外部磁場がプラス方向の場合、およびマイナス方向の場合には、それぞれ図 6 に示した信号 S G 2 - B、および S G 2 - C のような波形になる。また、外部磁界の大きさがバイアス信号の振幅 V p 以上になった場合には、図 7 に示した信号 S G 2 - D、および S G 2 - E のような波形になる。この信号 S G 2 は、増幅器 31 で増幅され、スイッチ回路 32 の切替により、振幅検出回路 33 および位相検出回路 34 のいずれか又は、振幅検出回路 33 および位相検出回路 34 の両方の入力に選択的に印加される。

【0085】

10

< 振幅検出回路 33 の動作 >

振幅検出回路 33 においては、図 6 の信号 S G 2 - A、S G 2 - B、S G 2 - C と同等の波形の信号がローパスフィルタ (L P F) 33 a の入力に印加される。ローパスフィルタ 33 a は、信号の積分動作を行い、周波数の高い成分を除去する。したがって、例えば波形が三角波の信号が入力された場合には、正弦波に近い波形の信号 S G 6 がローパスフィルタ 33 a から出力される。

【0086】

アナログスイッチ 33 c は、マイクロコンピュータ 35 のバイアス信号 S G 3 から生成されるオンオフ信号 S G 8 により制御され、ローパスフィルタ 33 a から出力される信号 S G 6 は、アナログスイッチ 33 c を通ってピークホールド回路 33 d に入力される。

20

【0087】

ピークホールド回路 33 d は、アナログスイッチ 33 c から出力される信号 S G 7 におけるピーク電位を検出し保持することができる。したがって、例えば図 6 に示した各信号 S G 2 - B、S G 2 - C の振幅 A 1 B、A 2 B、A 1 C、A 2 C などの各々に相当する電圧を、振幅検出信号 S G 9 として出力することができる。

【0088】

< 位相検出回路 34 の動作 >

位相検出回路 34 においては、図 6 の信号 S G 2 - A、S G 2 - B、S G 2 - C と同等の波形の信号が、スイッチ回路 32 の出力から微分回路 34 a に入力される。位相検出回路 34 は、この入力信号を微分回路 34 a で微分処理した後、増幅器 34 b で増幅し、次の微分回路 34 c で再び微分処理して信号 S G 4 を生成する。

30

【0089】

したがって、図 6 に示した信号 S G 4 - B、S G 4 - C のように、信号 S G 2 - B、S G 2 - C の電位変化が上昇から下降に切り替わる各頂点のタイミングで、マイナス方向のパルス P n が発生する。また、信号 S G 2 - B、S G 2 - C の電位変化が下降から上昇に切り替わる各頂点のタイミング (基準点 41 r を通過するタイミング) で、プラス方向のパルス P p が発生する。

【0090】

コンパレータ (C O M P) 34 d は、微分回路 34 c が出力する信号 S G 4 の電位を閾値と比較した結果を二値信号として出力する。この二値信号は、プラス方向の各パルス P p のタイミングを正確に表す位相差検出信号 S G 5 である。

40

【0091】

< マイクロコンピュータ 35 の基本動作 >

マイクロコンピュータ 35 は、振幅検出回路 33 から出力される振幅検出信号 S G 9 の電圧を計測することにより、例えば図 6 に示した振幅 A 1 B、A 2 B のいずれか一方、または両方を把握し、その結果に基づいて外部磁界の大きさおよび方向を算出することができる。また、マイクロコンピュータ 35 は、位相検出回路 34 から出力される位相差検出信号 S G 5 のタイミングに基づいて、例えば図 6 に示した各時間周期 T の長さを計測し、その結果に基づいて外部磁界の大きさおよび方向を算出することができる。

【0092】

50

更に、マイクロコンピュータ 35 は、信号処理部 23 B が出力する信号 S G 2 B の電圧をサンプリングしてデジタル信号に変換し、電圧の値を把握できる。この電圧は、図 3 に示したようなインピーダンスの変化に対応するので、電圧の値から外部磁界の大きさを算出することができる。

【0093】

<外部磁界と位相検出回路 34 の動作との関係>

外部磁界と位相検出回路 34 の動作との関係の例を図 8 に示す。図 8 に示した特性 C 7 1 は、検出ユニット 30 内の位相検出回路 34 における検出特性の例を表している。また、図 7 において横軸は外部磁界 H [A/m] の大きさおよび方向を表し、縦軸は位相検出回路 34 の信号 S G 4、S G 5 におけるプラス方向のパルス P p の時間周期 T (図 6、図 7 参照) の長さを表している。

10

【0094】

図 8 に示すように、特性 C 7 1 においては、外部磁界 H がゼロの状態、検出される時間周期 T が「 $(1 / (2 \times f_0))$ 」になる。周波数 f_0 は、信号 S G 0 1 の基本周波数である。また、外部磁界 H が「 $-V_p < H < +V_p$ 」の範囲内では、外部磁界 H の大きさの変化に比例して検出される時間周期 T が直線的に増大する。「 V_p 」は交流バイアス磁界の振幅である。また、外部磁界 H が「 $-V_p$ 」以下の範囲、および外部磁界 H が「 V_p 」以上の範囲では、検出される時間周期 T は一定値、すなわち「 $T = (1 / f_0)$ 」になる。

【0095】

つまり、外部磁界 H が「 $-V_p < H < +V_p$ 」の範囲内であれば、特性 C 7 1 に対応する計算式と、位相検出回路 34 が出力する位相差検出信号 S G 5 の時間周期 T とに基づいて、外部磁界 H の大きさおよび方向をマイクロコンピュータ 35 が算出することができる。

20

【0096】

外部磁界 H の方向については、図 8 に示した特性 C 7 1 のように、検出される時間周期 T が「 $(1 / (2 \times f_0))$ 」よりも大きい場合はプラス方向であり、検出される時間周期 T が「 $(1 / (2 \times f_0))$ 」よりも小さい場合はマイナス方向であると判断できる。

【0097】

しかし、外部磁界 H が「 $-V_p$ 」以下の範囲、および外部磁界 H が「 $+V_p$ 」以上の範囲では、検出される時間周期 T から外部磁界 H を算出することはできない。そこで、外部磁界 H が「 $-V_p$ 」以下の範囲、および外部磁界 H が「 $+V_p$ 」以上の範囲では、振幅検出回路 33 が出力する振幅検出信号 S G 9 を利用して外部磁界 H の大きさおよび方向をマイクロコンピュータ 35 が算出する。

30

【0098】

<外部磁界と振幅検出回路 33 が検出する振幅との関係>

外部磁界と振幅検出回路 33 が検出する振幅との関係の例を図 9 に示す。図 9 に示した特性 C 8 1、C 8 2 は振幅検出回路 33 の検出特性を表し、特性 C 8 1、および C 8 2 は、それぞれ振幅検出回路 33 が出力する振幅検出信号 S G 9 における図 6 中の振幅 A 1 および A 2 に対応する。

40

【0099】

すなわち、振幅 A 1 は信号 S G 0 1 の立ち上がりのタイミングにおける信号 S G 2 の振幅の電圧 [V] であり、振幅 A 2 は信号 S G 0 1 の立ち下りのタイミングにおける信号 S G 2 の振幅の電圧である。図 9 において、横軸は横軸は外部磁界 H [A/m] の大きさおよび方向を表し、縦軸は振幅 A 1、A 2 の電圧を表す。

【0100】

図 9 に示したように、特性 C 8 1 においては、外部磁界 H の大きさがマイナス側で「 $2V_p$ 」の場合に振幅 A 1 の電圧が最小になり、この基準点から外部磁界 H の大きさが離れるにつれて振幅 A 1 の電圧が増大する。

【0101】

50

また、特性 C 8 2 においては、外部磁界 H の大きさがプラス側で「2 V_p」の場合に振幅 A 2 の電圧が最小になり、この基準点から外部磁界 H の大きさが離れるにつれて振幅 A 2 の電圧が増大する。

【0102】

したがって、例えば図 9 に示した特性 C 8 1、C 8 2 の少なくとも一方の情報と、振幅検出回路 3 3 が出力する振幅検出信号 S G 9 における振幅 A 1、A 2 の電圧とに基づいて、外部磁界 H の大きさを算出することができる。また、特性 C 8 1、C 8 2 が互いに異なっているので、例えば振幅 A 1、A 2 の電圧の大小関係を比較することにより、外部磁界 H の方向（プラス／マイナス）を特定できる。

【0103】

＜外部磁界と信号 S G 2 B との関係＞

外部磁界と信号 S G 2 B との関係の例を図 10 に示す。図 10 に示す検出特性 C 1 0 1 において、横軸は磁界の大きさおよび方向 H [A/m] を表し、縦軸は信号 S G 2 B の電圧 [V] を表している。

【0104】

すなわち、磁気インピーダンス素子 1 2 B の磁性薄膜 1 2 b におけるインピーダンス（直流抵抗）が図 3 のように磁界に応じて変化するので、ブリッジ回路 2 2 B の出力端子 2 2 c、2 2 d 間の電圧は、磁界 H がゼロの時に最小になり、磁界 H が加わるとその大きさに応じて急激に増大する。この電圧には磁界 H の方向の変化の影響は生じない。なお、発振回路 2 1 が出力する信号 S G 1 の電圧が短い周期で変化するのでブリッジ回路 2 2 B の実際の出力電圧も短い周期で変動する。しかし、信号処理部 2 3 B 内のピークホールド回路 2 7、2 8 がピーク電位を保持するので、信号 S G 1 が高電位の時の電圧のみが信号 S G 2 B に現れる。

【0105】

＜検出方法の違いと得意／不得意との関係＞

図 8、図 9、図 10 に示された各検出特性 C 7 1、C 8 1、C 8 2、C 1 0 1 と、得意／不得意を表す各エリア A R 1 1 1、A R 1 1 2、A R 1 1 3 との関係を図 11 に示す。図 11 において、横軸は磁界 H [A/m] を表し、縦軸は信号の電圧 [V] を表す。

【0106】

すなわち、バイアスコイル 1 4 によって交流バイアス磁界が印加される磁気インピーダンス素子 1 2 A の出力に相当する各検出特性 C 7 1、C 8 1、C 8 2 については、外部磁界 H が比較的小さい状況で、外部磁界 H の変化を高感度で検知できる。また、位相差検出に基づく検出特性 C 7 1 の場合には、外部磁界 H が交流バイアスの振幅 V_p よりも大きくなると、外部磁界 H の変化を検知できない状態になる。

【0107】

一方、交流バイアス磁界が印加されない磁気インピーダンス素子 1 2 B の出力を直接読み取る場合に相当する検出特性 C 1 0 1 を用いる場合には、外部磁界 H が小さい領域では電圧の変化の傾きが大きすぎるため、正確に外部磁界 H の大きさを検出することは難しい。しかし、外部磁界 H が大きい領域では、検出特性 C 1 0 1 により外部磁界 H の大きさを高感度で検出することができる。

【0108】

つまり、外部磁界 H が小さい場合のエリア A R 1 1 3 は、各検出特性 C 7 1、C 8 1、C 8 2 の得意とする範囲であるが、検出特性 C 1 0 1 の不得意な範囲も含まれている。また、外部磁界 H が大きい場合のエリア A R 1 1 1、および A R 1 1 2 は、検出特性 C 1 0 1 の得意な範囲であるが、各検出特性 C 7 1、C 8 1、C 8 2 の不得意な範囲も含まれている。

【0109】

＜磁界検出センサ 2 0 0 を使用する場合の具体例＞

図 1 に示した磁界検出センサ 2 0 0 は、例えば方位センサ、トルクセンサ、回転角センサ、電流センサのような一般的な磁気検出装置として利用することが可能である。

10

20

30

40

50

【0110】

例えば、ワイヤハーネス上の被測定電線に流れる直流電流を検出対象とする電流センサとして磁界検出センサ200を使用する場合には、一般的な構成として、次に説明するような電流センサを構成することが想定される。

【0111】

図示しないが、被測定電線の周囲を囲むように磁性体コアを配置し、この磁性体コアのギャップの箇所に磁界検出センサ200を配置する。この場合、被測定電線に流れる直流電流 I [A] の大きさに比例して発生する磁界の大きさおよび方向 H [A/m] を磁界検出センサ200で検出できる。つまり、磁界検出センサ200により被測定電線に流れる直流電流 I の大きさと方向を検出できる。

10

【0112】

なお、例えば被測定電線が自動車に搭載されるワイヤハーネスの幹線の場合を想定すると、電流の最大値は数百アンペア程度になる。したがって、そのような用途に用いる電流センサについては、小さい電流から大きい電流まで広い範囲に亘り正確に計測できることが求められる。

【0113】

そこで、例えば上記のような電流センサを構成する場合に、図1に示した磁界検出センサ200を採用し、図11に示した検出特性C71、C81、C82、C101のうち少なくとも2つを組み合わせることにより、検出結果を最適化する。

【0114】

ここでは、具体例として、次の2種類の検出方法を組み合わせて使用する。

(1) 図10に示した検出特性C101に相当する検出方法を用いて、検出した磁界 H に相当する電流 I_d [A] を求める。

(2) 図9に示した検出特性C81、C82の差分、すなわち振幅 ($A_1 - A_2$) を利用する検出方法を用いて、検出した磁界 H に相当する電流 I_{ac} [A] を求める。

20

【0115】

また、上記(1)、(2)を組み合わせる最適な計測結果を得るために、例えば以下の表1に示した2つの係数 w_1 、 w_2 を用いて重み付けを行い、次式により電流値 I [A] を算出する。

$$I = w_1 \times I_d + w_2 \times I_{ac} \quad \cdots (1)$$

30

【表1】

重み付け係数	計測磁界	
	低	高
w_1	小	大
w_2	大	小

40

【0116】

上記表1に示した例では、計測対象の外部磁界が低い領域では2つの係数 w_1 、 w_2 に対して、それぞれ小さい重み、および大きい重みを割り当てる。また、計測対象の外部磁界が高い領域では2つの係数 w_1 、 w_2 に対して、それぞれ大きい重み、および小さい重みを割り当てる。

【0117】

したがって、上記第(1)式を計算する際に、例えば図11に示したエリアAR113では検出特性C101を反映した電流 I_d の重みを小さくして、検出特性C81、C82の差分 ($A_1 - A_2$) を反映した電流 I_{ac} の重みを大きくすることができる。また、例

50

えば図 1 1 に示したエリア A R 1 1 1、A R 1 1 2 では検出特性 C 1 0 1 を反映した電流 I d の重みを大きくして、検出特性 C 8 1、C 8 2 の差分 (A 1 - A 2) を反映した電流 I a c の重みを小さくすることができる。したがって、複数の検出方法の各々が得意とする領域で大きな重みが割り当てられることになり、広い範囲で電流値 I の検出誤差を減らすことが可能になる。

【0118】

< 検出特性の補正処理 >

ところで、上記の重み付けなどによって複数種類の検出特性を使い分けるような状況においては、複数の検出特性を切り替える箇所等において不連続な点が生じたり非線形の箇所が生じやすくなり、計測結果に含まれる誤差が増大する。したがって、複数の検出特性を切り替えなどの影響により生じる誤差を減らすために、複数の検出特性の形状等を互いに近い状態に予め修正しておく必要がある。このような修正の具体例を以下に説明する。

【0119】

< 初期状態の特性 >

2 種類の検出特性 C 1 2 1、C 1 2 2 の初期状態を並べて図 1 2 に示す。図 1 2 に示した検出特性 C 1 2 1 は、磁気インピーダンス素子 1 2 B の特性を反映した信号 S G 2 B から算出される。また、図 1 2 に示した検出特性 C 1 2 2 は、磁気インピーダンス素子 1 2 A の特性を反映した信号 S G 2 に基づき振幅検出回路 3 3 で検出される振幅 (A 1 - A 2) から算出される。

【0120】

図 1 2 において、横軸は電流値 (Current) I [A] を表し、左側の縦軸は検出特性 C 1 2 1 の出力 (OUTPUT) 電圧 [V] を表し、右側の縦軸は検出特性 C 1 2 2 の出力電圧 [V] を表す。

【0121】

図 1 2 に示すように、2 つの検出特性 C 1 2 1、C 1 2 2 は形状等が互いに大きく異なっている。また、検出特性 C 1 2 1 においては、電流がゼロの点 C 1 2 1 a で電圧が最小値になっているが、点 C 1 2 1 a の電圧はゼロではない。また、検出特性 C 1 2 2 においては、電流がゼロの近傍に特異点があり、電流のプラス側の領域を表す特性 C 1 2 2 (P) の左端の特異点と、電流のマイナス側の領域を表す特性 C 1 2 2 (N) の右端の特異点とが大きくずれ、不連続になっている。

【0122】

< 各特性の補正 >

そこで、図 1 2 に示した 2 つの検出特性 C 1 2 1、C 1 2 2 に対して以下の補正処理を施す。

【0123】

(1) 検出特性 C 1 2 1 において、電流のマイナス側の領域 C 1 2 1 b に対して「-1」倍の係数を掛ける。

(2) 検出特性 C 1 2 1 において、最小値の点 C 1 2 1 a の電圧を 0 [V] にシフトするためのオフセット電圧を、検出特性 C 1 2 1 の全体に対して加算 (又は減算) する。

(3) 検出特性 C 1 2 2 において、電流のプラス側の領域の特性 C 1 2 2 (P) の左端の特異点の電圧を、0 [V] にシフトするためのオフセット電圧を、特性 C 1 2 2 (P) の全体に対して加算 (又は減算) する。

(4) 検出特性 C 1 2 2 において、電流のマイナス側の領域の特性 C 1 2 2 (N) の右端の特異点の電圧を、0 [V] にシフトするためのオフセット電圧を、特性 C 1 2 2 (N) の全体に対して加算 (又は減算) する。

【0124】

上記 (1) ~ (4) の補正処理の結果、図 1 3 に示した検出特性 C 1 3 1、C 1 3 2 が得られる。検出特性 C 1 3 1、および C 1 3 2 は、それぞれ図 1 2 に示した検出特性 C 1 2 1、および C 1 2 2 に相当する。図 1 3 において、横軸は電流値 (Current) I [A] を表し、左側の縦軸は検出特性 C 1 3 1 の出力 (OUTPUT) 電圧 [V] を表し、右側の縦軸

は検出特性 C 1 3 2 の出力電圧 [V] を表す。

【0125】

次に、図 1 3 に示した一方の検出特性 C 1 3 2 の全体に対して「-1」の係数を掛けて電圧の極性が反転するように補正する。この補正処理の結果として、図 1 4 に示した検出特性 C 1 4 1、C 1 4 2 が得られる。検出特性 C 1 4 1、および C 1 4 2 は、それぞれ図 1 3 に示した検出特性 C 1 3 1、および C 1 3 2 に相当する。図 1 4 において、横軸は電流値 (Current) I [A] を表し、左側の縦軸は検出特性 C 1 4 1 の出力 (OUTPUT) 電圧 [V] を表し、右側の縦軸は検出特性 C 1 4 2 の出力電圧 [V] を表す。

【0126】

図 1 4 に示された 2 種類の検出特性 C 1 4 1、C 1 4 2 は、互いに似た形状や特性を有していることが分かる。したがって、これらの検出特性 C 1 4 1、C 1 4 2 を使い分けることは比較的容易である。

【0127】

＜特性の重み付け＞

また、前述の重み付けを行う場合には、例えば図 1 5 に示した特性 C 1 5 3 のように、電流の大きさに応じて直線的に且つ連続的に変化する重み w 3 を用いてもよい。勿論、曲線的に変化する重みを用いてもよい。

【0128】

図 1 5 において、横軸は電流値 (Current) I [A] を表し、左側の縦軸は検出特性 C 1 5 1 および C 1 5 2 の出力 (OUTPUT) 電圧 [V] を表し、右側の縦軸は重み w 3 を表す。この場合の重み w 3 は「0～1」の範囲内の値である。検出特性 C 1 5 1 および C 1 5 2 は、それぞれ図 1 4 の検出特性 C 1 4 1 および C 1 4 2 に相当する。

【0129】

図 1 5 に示した重み w 3 を用いる場合には、次の電流換算式により電流値 I [A] を算出する。

$$I = w 3 \times I d + (1 - w 3) \times I a c \times K \quad \cdots (2)$$

I d : 検出特性 C 1 5 1 の出力電圧に相当する検出電流値

I a c : 検出特性 C 1 5 2 の出力電圧に相当する検出電流値

K : 上記 I d、I a c の値の差異を補償するための係数

【0130】

上記第 (2) 式の計算を実行する場合には、図 1 6 に示した検出特性 C 1 6 4 のように、被測定電流 I の変化に対して線形の特性を有する検出特性が得られる。なお、図 1 6 に示した各特性 C 1 6 1、C 1 6 2、C 1 6 3 は、それぞれ図 1 5 中の各特性 C 1 5 1、C 1 5 2、C 1 5 3 に対応する。また、図 1 6 において、横軸は電流値 (Current) I [A] を表し、左側の縦軸は検出特性 C 1 6 1 および C 1 6 2 の出力 (OUTPUT) 電圧 [V] を表し、右側の縦軸は重み w 3 を表す。

【0131】

ところで、図 1 2 に示した検出特性 C 1 2 2 においては、電流がゼロの近傍に特異点があり、電流のプラス側領域の特性 C 1 2 2 (P) の左端の特異点と、電流のマイナス側領域の特性 C 1 2 2 (N) の右端の特異点とが大きくずれ、不連続になっている。このような場合には、前述のように特性 C 1 2 2 (P)、C 1 2 2 (N) の各々のオフセットを調整しても、実際には図 1 3 の特性 C 1 3 2 のように綺麗な形状にはならない。

【0132】

すなわち、図 1 2 中の特性 C 1 2 2 (P)、C 1 2 2 (N) の各々についてオフセット調整を行った場合には、図 1 7 に示す特性 C 1 7 2 のような形状になる。図 1 7 中の各特性 C 1 7 1、および C 1 7 2 は、それぞれ図 1 3 に示した各特性 C 1 3 1、C 1 3 2 に相当する。つまり、特性 C 1 7 2 においては、電流がゼロの近傍に非線形の領域 C 1 7 2 a が現れる。

【0133】

また、図 1 7 に示した特性 C 1 7 2 の全体に係数「-1」を掛けた結果は、図 1 8 に示

10

20

30

40

50

した特性C182になる。図18に示した各特性C181、およびC182は、それぞれ図17に示した各特性C171、C172に相当する。つまり、特性C182においては、電流がゼロの近傍に非線形の領域C182aが現れる。

【0134】

更に、図18に示した各特性C181、およびC182に、図19に示した特性C193の重みw3で重み付けして前記第(2)式の電流換算を実施すると、図19に示した特性C194が得られる。なお、図19に示した各特性C191、およびC192は、それぞれ図18に示した各特性C181、C182に相当する。

【0135】

つまり、図19に示した特性C194は全体的には線形であるが、電流がゼロの近傍に非線形の領域C194aが現れる。そこで、特性C194における非線形の領域C194aについて、ゲイン調整を実施する。このゲイン調整により、領域C194aを線形に修正することができ、図16に示した全体について線形な検出特性C164を得ることができる。

【0136】

図1に示した磁界検出センサ200においては、交流バイアス磁界が印加される磁気インピーダンス素子12Aと、交流バイアス磁界が印加されされない磁気インピーダンス素子12Bとの両方を備えているので、広い磁界の範囲に亘って高精度の計測結果を得ることができる。すなわち、磁気インピーダンス素子12Aの影響を受ける信号SG2に基づいて外部磁界を検出する場合には、比較的磁界が小さい領域で高感度の検出ができるので、磁界が小さい領域で重みを大きくすることにより、全体の検出精度を高めることができる。また、磁気インピーダンス素子12Bの影響を受ける信号SG2Bに基づいて外部磁界を検出する場合には、比較的磁界が大きい領域で高感度の検出ができるので、磁界が大きい領域で重みを大きくすることにより、全体の検出精度を高めることができる。

【0137】

また、図3に示したようなピラミッド型のインピーダンス特性を有する磁気インピーダンス素子12A、12Bを備えることにより、動作点を移動するために大きな直流バイアス電流を流す必要がなく、消費電流を抑制できる。

【0138】

ここで、上述した本発明に係る磁界検出センサの実施形態の特徴をそれぞれ以下[1]～[5]に簡潔に纏めて列記する。

[1] 磁気インピーダンス効果が生じる磁性材料を含む第1の磁気検出素子(磁気インピーダンス素子12A)および第2の磁気検出素子(磁気インピーダンス素子12B)と、

前記第1の磁気検出素子の前記磁性材料に対してバイアス磁界を印加するバイアスコイル(14)と、

前記第1の磁気検出素子および前記第2の磁気検出素子の前記磁性材料に対して高周波電流を供給する高周波発振回路(発振回路21)と、

前記バイアスコイルに交流バイアス電流を供給する交流バイアス回路(増幅器37)と、

前記バイアス磁界が印加される状態の前記第1の磁気検出素子のインピーダンス変化に基づいて、外部磁界の影響を含む第1の検出信号を生成する第1の検出回路(信号処理部23A)と、

前記バイアス磁界が印加されない状態の前記第2の磁気検出素子のインピーダンス変化に基づいて、外部磁界の影響を含む第2の検出信号を生成する第2の検出回路(信号処理部23B)と、

前記第1の検出信号および前記第2の検出信号に基づいて、外部磁界の大きさおよび方向を算出する磁界演算部(マイクロコンピュータ35)と、

を備えた磁界検出センサ。

【0139】

[2] 前記第1の検出回路は、

外部磁界が印加されない状態の前記第1の磁気検出素子の特性におけるインピーダンスの極値位置を基準点とし、前記基準点からのインピーダンスの変化量に応じて変化する電気信号（SG2）を生成すると共に、

前記電気信号の電圧の変化の方向が切り替わる各頂点のタイミングにおける振幅を検出する振幅検出回路（33）と、前記電気信号の電位が前記第1の磁気検出素子の特性における前記基準点を通過するタイミングを検出する位相検出回路（34）と、の少なくとも一方を含む、

ことを特徴とする上記[1]に記載の磁界検出センサ。

【0140】

10

[3] 前記磁界演算部は、前記第1の検出信号および前記第2の検出信号の少なくとも一方に対して状況に応じて変化する重み付け（表1、図15参照）を行い、外部磁界の大きさを算出する、

ことを特徴とする上記[1]に記載の磁界検出センサ。

【0141】

[4] 前記磁界演算部は、

互いに検出特性が異なる前記第1の検出信号と前記第2の検出信号とを組み合わせ、外部磁界の大きさおよび方向の算出に利用すると共に、前記第1の検出信号、および前記第2の検出信号の少なくとも一方の検出特性に対して、複数の検出特性が互いに近づくよう、オフセットの補正、および領域毎の極性の補正を行う（図12～図14参照）、

20

ことを特徴とする上記[1]に記載の磁界検出センサ。

【0142】

[5] 前記磁界演算部は、前記第1の検出信号、および前記第2の検出信号の少なくとも一方の検出特性に対して、小さい磁界に相当する非線形の領域（C194a）を線形に近づけるためにゲイン調整を行う、

ことを特徴とする上記[4]に記載の磁界検出センサ。

【符号の説明】

【0143】

12, 12A, 12B 磁気インピーダンス素子

12a 非磁性基板

12b 磁性薄膜

12c, 12d 電極

14 バイアスコイル

20 駆動ユニット

21 発振回路

22A, 22B ブリッジ回路

23A, 23B 信号処理部

24, 25, 26 抵抗器

27, 28 ピークホールド回路

29 計装増幅器

30 検出ユニット

31, 34b 増幅器

32 スイッチ回路

33 振幅検出回路

33a ローパスフィルタ（LPF）

33c アナログスイッチ

33d ピークホールド回路

34 位相検出回路

34a, 34c 微分回路

34d コンパレータ（COMP）

30

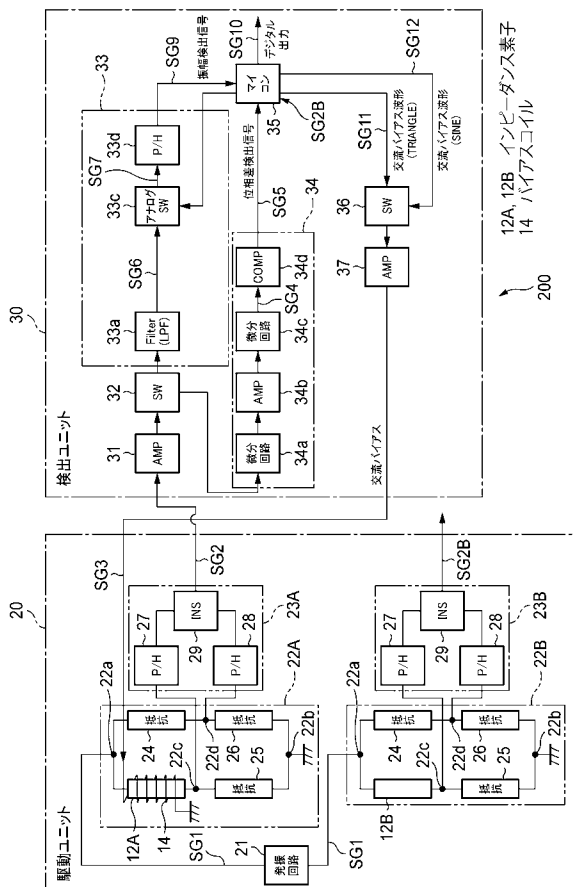
40

50

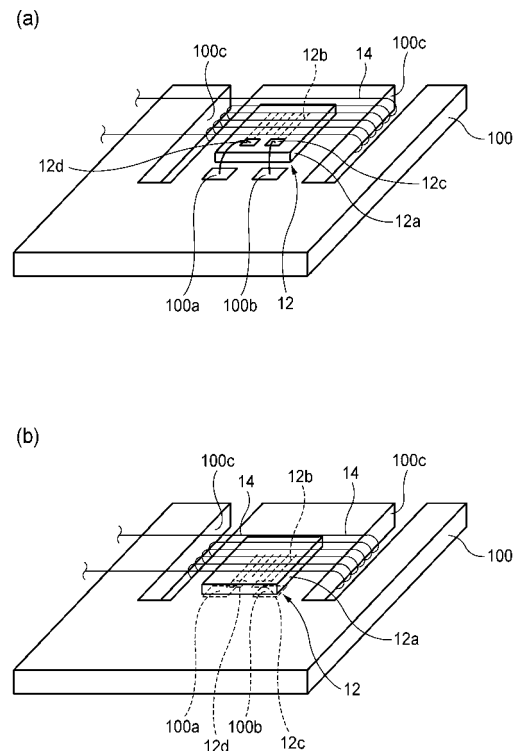
- 35 マイクロコンピュータ
- 36 スイッチ回路
- 37 増幅器
- 41 インピーダンス特性
- 41 r 基準点
- 42 交流バイアス磁界
- 42 P, 42 N 外部磁界と交流バイアス磁界の和
- 43, 43 P, 43 N センサ出力信号
- 100 プリント基板
- 100 a, 100 b 電極
- 100 c 切欠き部
- 200 磁界検出センサ

10

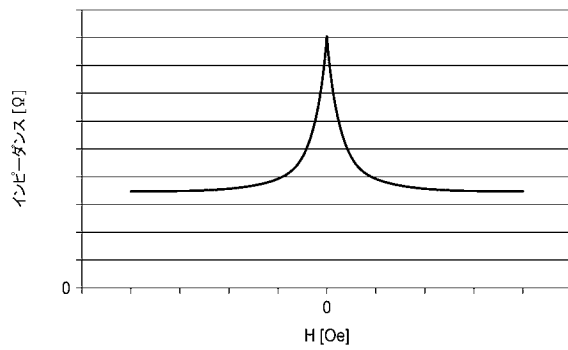
【図 1】



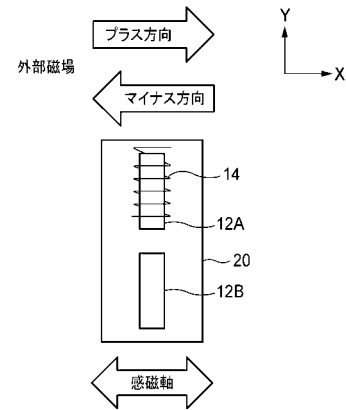
【図 2】



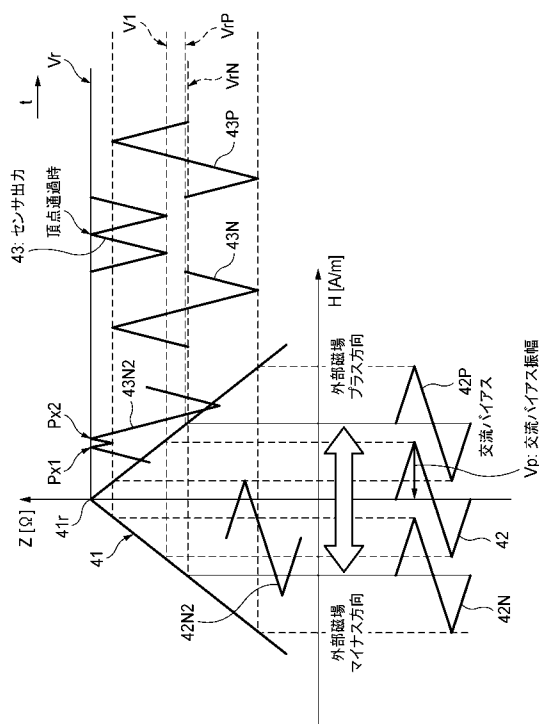
【図 3】



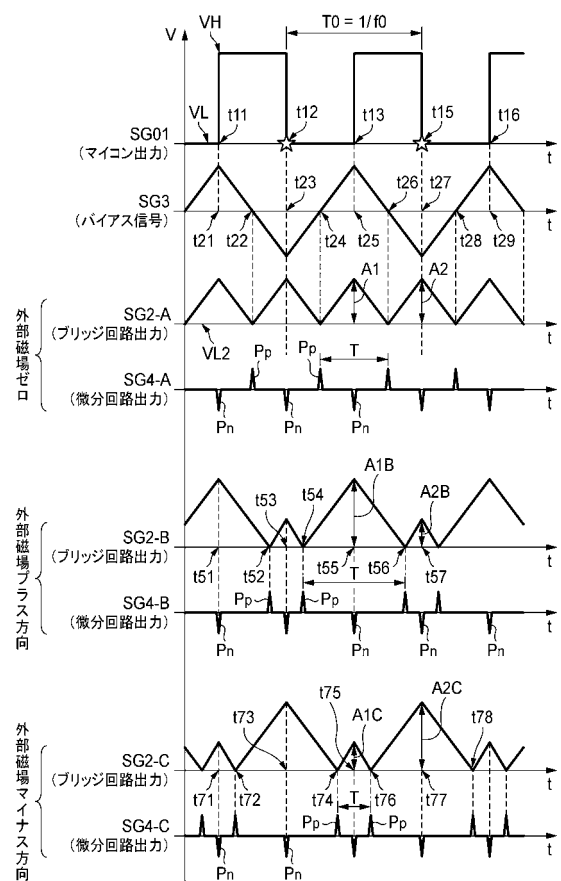
【図 4】



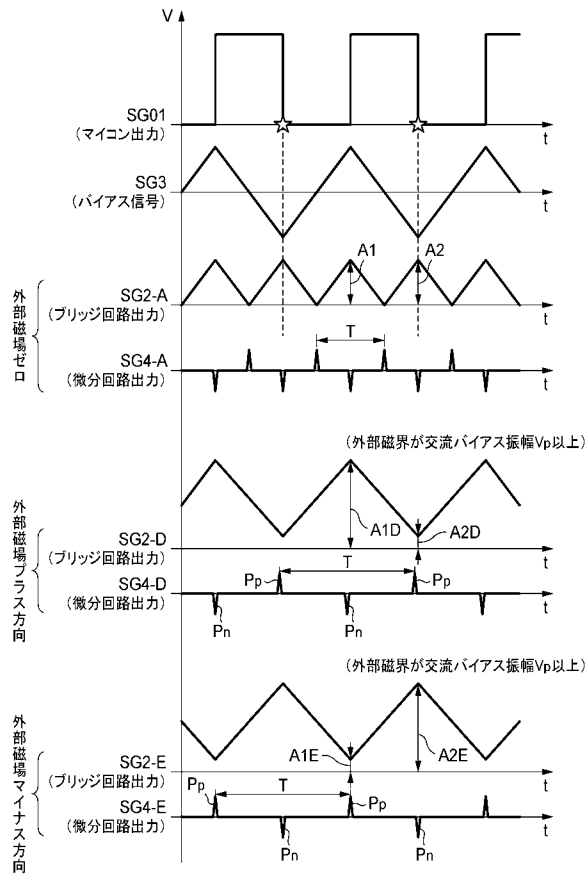
【図 5】



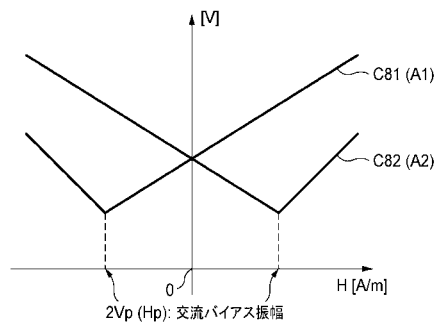
【図 6】



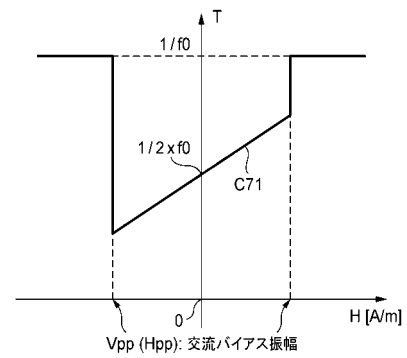
【図 7】



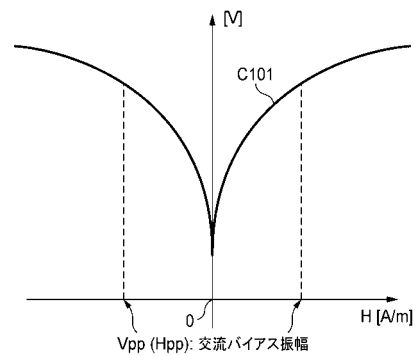
【図 9】



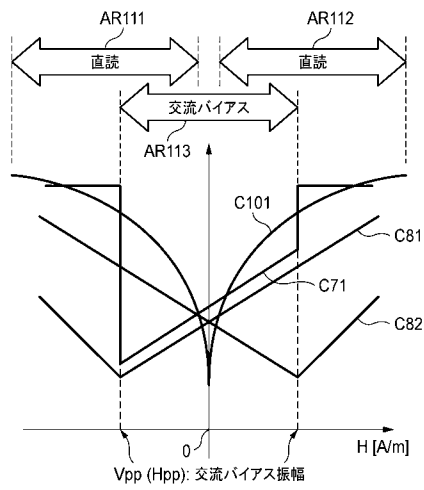
【図 8】



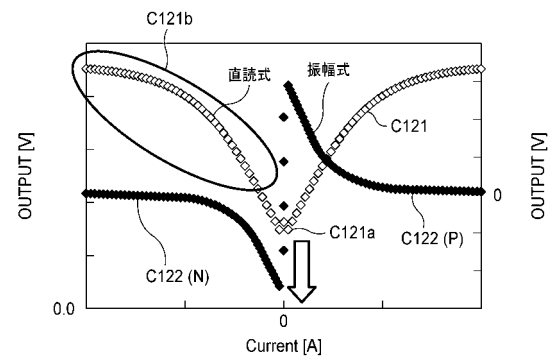
【図 10】



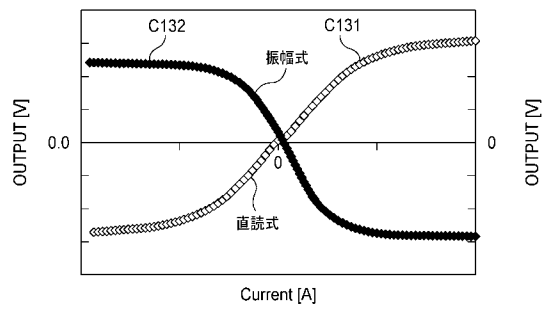
【図 1 1】



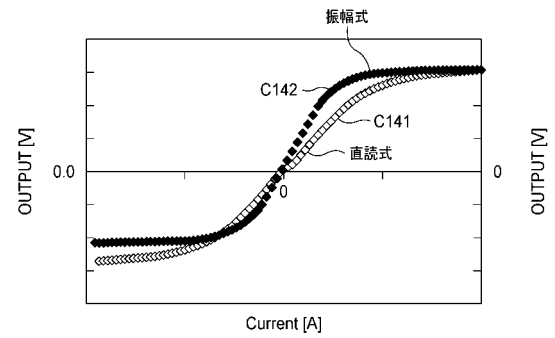
【図 1 2】



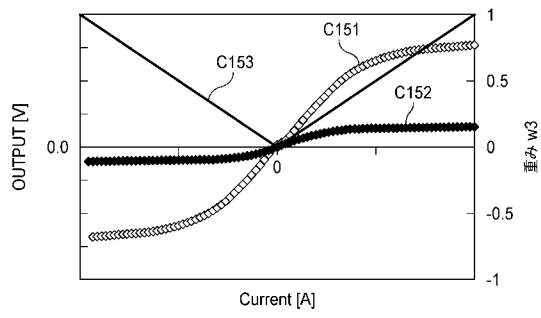
【図 1 3】



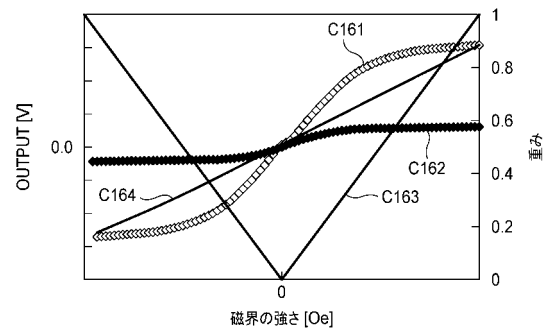
【図 1 4】



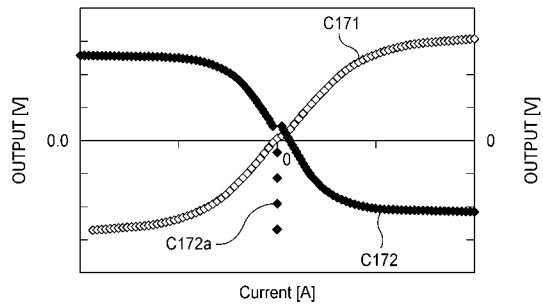
【図 15】



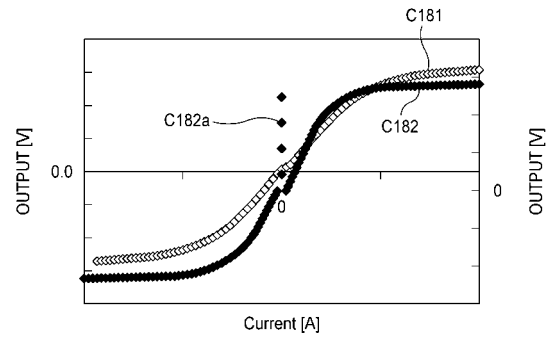
【図 16】



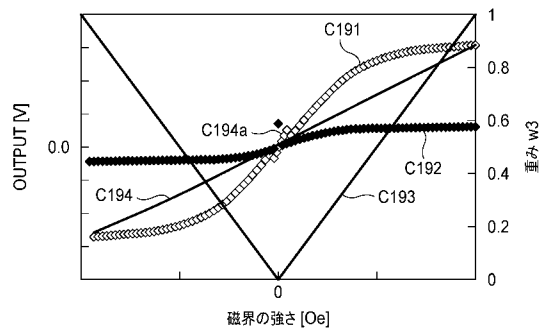
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(72)発明者 莊田 隆博

静岡県裾野市御宿 1 5 0 0 矢崎総業株式会社内

Fターム(参考) 2G017 AA01 AB07 AB08 AC06 AC09 AD65 BA03 BA05