

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5533826号
(P5533826)

(45) 発行日 平成26年6月25日(2014.6.25)

(24) 登録日 平成26年5月9日(2014.5.9)

(51) Int.Cl.

G01R 15/20 (2006.01)

F 1

G01R 15/02

B

請求項の数 22 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2011-203969 (P2011-203969)
 (22) 出願日 平成23年9月19日 (2011.9.19)
 (65) 公開番号 特開2013-64663 (P2013-64663A)
 (43) 公開日 平成25年4月11日 (2013.4.11)
 審査請求日 平成25年1月25日 (2013.1.25)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 110001128
 特許業務法人ゆうあい特許事務所
 (72) 発明者 野村 江介
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 車戸 紀博
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 審査官 武田 知晋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電流センサおよび電流センサの組み付け構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検出電流経路に被検出電流が流れることによって生じる第1磁界と垂直方向に第2磁界を生成する磁界発生手段と、

磁化方向が所定方向に固定されたピン層、絶縁体で構成されるトンネル層、外部磁化に応じて磁化方向が変化するフリー層が順に積層されてなる磁気抵抗素子を有し、前記第2磁界と、前記第1、第2磁界で構成される合成磁界との成す角度に応じた正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方を出力する磁気センサと、

前記磁気センサから前記正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方が入力され、入力された信号に対して所定の演算を行って演算結果に対応するセンサ信号を出力する演算回路を有する信号処理部と、を備え、

前記演算回路は、入力された信号を用いて前記成す角度における正接値を演算することによって(前記第1磁界)/(前記第2磁界)を演算し、前記正接値に対応する信号を前記センサ信号として出力することによって前記第1磁界に比例した前記センサ信号を出力することを特徴とする電流センサ。

【請求項 2】

前記磁気センサは、前記ピン層の磁化方向が所定方向に固定され、前記成す角度に応じた正弦値を含む信号を出力する前記磁気抵抗素子が形成された第1検出部と、前記ピン層の磁化方向が前記所定方向と垂直方向に固定され、前記成す角度に応じた余弦値を含む信号を出力する前記磁気抵抗素子が形成された第2検出部と、を有し、

前記演算回路は、前記第1検出部から入力される正弦値を含む信号を前記第2検出部から入力される余弦値を含む信号で除算して前記正接値を演算することを特徴とする請求項1に記載の電流センサ。

【請求項3】

被検出電流経路に被検出電流が流れることによって生じる第1磁界と垂直方向に第2磁界を生成する磁界発生手段と、

磁化方向が所定方向に固定されたピン層、絶縁体で構成されるトンネル層、外部磁化に応じて磁化方向が変化するフリー層が順に積層されてなる磁気抵抗素子を有し、前記第2磁界と、前記第1、第2磁界で構成される合成磁界との成す角度に応じた正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方を出力する磁気センサと、

10

前記磁気センサから前記正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方が入力され、入力された信号に対して所定の演算を行って演算結果に対応するセンサ信号を出力する演算回路を有する信号処理部と、を備え、

前記磁気センサは、前記ピン層の磁化方向が所定方向に固定され、前記成す角度に応じた正弦値を含む信号を出力する前記磁気抵抗素子が形成された第1検出部と、前記ピン層の磁化方向が前記所定方向と垂直方向に固定され、前記成す角度に応じた余弦値を含む信号を出力する前記磁気抵抗素子が形成された第2検出部と、を有し、

前記第2検出部を構成する前記ピン層の磁化方向と平行となる前記第2磁界を理想第2磁界とし、前記第1検出部を構成する前記ピン層の磁化方向と平行となる前記第1磁界を理想第1磁界とすると、

20

前記信号処理部は、前記理想第2磁界と前記第2磁界との成す角度を α とし、前記理想第1磁界と前記第1磁界との成す角度を β としたとき、前記角度 α 、 β を記憶する記憶手段を有し、

前記演算回路は、前記理想第2磁界と前記合成磁界との成す角度を θ' とし、前記第1検出部から入力される正弦値を含む信号を前記第2検出部から入力される余弦値を含む信号で除算した値を $\tan\theta'$ としたとき、前記記憶手段に記憶されている前記角度 α 、 β を用いて次式

【数1】

$$\tan\theta = \frac{\tan\theta' \cdot \cos\alpha - \sin\alpha}{\tan\theta' \cdot \sin\beta + \cos\beta}$$

30

から前記成す角度 α における正接値を演算し、前記正接値に対応する信号を前記センサ信号として出力することを特徴とする電流センサ。

【請求項4】

被検出電流経路に被検出電流が流れることによって生じる第1磁界と垂直方向に第2磁界を生成する磁界発生手段と、

磁化方向が所定方向に固定されたピン層、絶縁体で構成されるトンネル層、外部磁化に応じて磁化方向が変化するフリー層が順に積層されてなる磁気抵抗素子を有し、前記第2磁界と、前記第1、第2磁界で構成される合成磁界との成す角度に応じた正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方を出力する磁気センサと、

40

前記磁気センサから前記正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方が入力され、入力された信号に対して所定の演算を行って演算結果に対応するセンサ信号を出力する演算回路を有する信号処理部と、を備え、

前記磁気センサは、前記ピン層の磁化方向が所定方向に固定され、前記成す角度に応じた正弦値を含む信号を出力する前記磁気抵抗素子が形成された第1検出部と、前記ピン層の磁化方向が前記所定方向と垂直方向に固定され、前記成す角度に応じた余弦値を含む信号を出力する前記磁気抵抗素子が形成された第2検出部と、を有し、

前記第2検出部を構成する前記ピン層の磁化方向と平行となる前記第2磁界を理想第2磁界とすると、

前記信号処理部は、前記理想第2磁界と前記第2磁界との成す角度を α としたとき、前

50

記角度 を記憶する記憶手段を有し、

前記演算回路は、前記理想第2磁界と前記合成磁界との成す角度を' とし、前記第1検出部から入力される正弦値を含む信号を前記第2検出部から入力される余弦値を含む信号で除算した値を \tan' としたとき、前記記憶手段に記憶されている前記角度' を用いて次式

【数2】

$$\tan\theta = \tan\theta' \cdot \cos\alpha - \sin\alpha$$

から前記成す角度' における正接値を演算し、前記正接値に対応する信号を前記センサ信号として出力することを特徴とする電流センサ。

10

【請求項5】

被検出電流経路に被検出電流が流れることによって生じる第1磁界と垂直方向に第2磁界を生成する磁界発生手段と、

磁化方向が所定方向に固定されたピン層、絶縁体で構成されるトンネル層、外部磁化に応じて磁化方向が変化するフリー層が順に積層されてなる磁気抵抗素子を有し、前記第2磁界と、前記第1、第2磁界で構成される合成磁界との成す角度' に応じた正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方を出力する磁気センサと、

前記磁気センサから前記正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方が入力され、入力された信号に対して所定の演算を行って演算結果に対応するセンサ信号を出力する演算回路を有する信号処理部と、を備え、

20

前記磁気センサは、前記ピン層の磁化方向が所定方向に固定され、前記成す角度' に応じた正弦値を含む信号を出力する前記磁気抵抗素子が形成された第1検出部と、前記ピン層の磁化方向が前記所定方向と垂直方向に固定され、前記成す角度' に応じた余弦値を含む信号を出力する前記磁気抵抗素子が形成された第2検出部と、を有し、

前記第1検出部を構成する前記ピン層の磁化方向と平行となる前記第1磁界を理想第1磁界とすると、

前記信号処理部は、前記理想第1磁界と前記第1磁界との成す角度を' としたとき、前記角度' を記憶する記憶手段を有し、

前記演算回路は、前記理想第2磁界と前記合成磁界との成す角度を' とし、前記第1検出部から入力される正弦値を含む信号を前記第2検出部から入力される余弦値を含む信号で除算した値を \tan' としたとき、前記記憶手段に記憶されている前記角度' を用いて次式

【数3】

$$\tan\theta = \frac{\tan\theta'}{\tan\theta' \cdot \sin\beta + \cos\beta}$$

から前記成す角度' における正接値を演算し、前記正接値に対応する信号を前記センサ信号として出力することを特徴とする電流センサ。

【請求項6】

前記演算回路は、前記磁気センサから正弦値を含む信号または余弦値を含む信号が入力されると、前記正弦値を含む信号の正弦値から余弦値を演算し、または前記余弦値を含む信号の余弦値から正弦値を演算し、この演算値と入力された信号から前記正接値を演算することを特徴とする請求項1に記載の電流センサ。

30

【請求項7】

前記磁界発生手段は、磁石であり、

前記磁気センサは、前記磁石上に配置されていることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1つに記載の電流センサ。

【請求項8】

前記磁界発生手段は、所定方向に延設された第1部位と、前記第1部位の両端に前記所定方向と垂直方向に延設された第2部位とを備えたコの字状の磁石であり、

40

50

前記磁気センサは、前記第2部位の間に配置されていることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1つに記載の電流センサ。

【請求項9】

前記磁界発生手段は、電流が流れるとき前記第2磁界を生成するコイルであることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1つに記載の電流センサ。

【請求項10】

前記磁界発生手段は、前記磁気センサ内に形成され、電流が流れるとき前記第2磁界を生成する薄膜コイルであることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1つに記載の電流センサ。

【請求項11】

前記第2磁界の大きさは、所定時毎に前記コイルに流れる電流の大きさが変化させられることによって変化することを特徴とする請求項9または10に記載の電流センサ。

【請求項12】

前記磁界発生手段は、前記フリー層上に積層された強磁性膜であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1つに記載の電流センサ。

【請求項13】

前記磁界発生手段は、前記ピン層を構成する強磁性膜であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1つに記載の電流センサ。

【請求項14】

前記磁気センサは複数備えられ、それぞれの前記磁気センサに前記磁界発生手段から印加される前記第2磁界の大きさが互いに異なっていることを特徴とする請求項1ないし13のいずれか1つに記載の電流センサ。

【請求項15】

複数の前記磁気センサは、それぞれ前記磁界発生手段との距離が互いに異なっていることを特徴とする請求項14に記載の電流センサ。

【請求項16】

前記磁界発生手段は、複数備えられて大きさが互いに異なる前記第2磁界を生成していることを特徴とする請求項14に記載の電流センサ。

【請求項17】

被検出電流経路に被検出電流が流れることによって生じる第1磁界と垂直方向に第2磁界を生成する磁界発生手段と、

磁化方向が所定方向に固定されたピン層、絶縁体で構成されるトンネル層、外部磁化に応じて磁化方向が変化するフリー層が順に積層されてなる磁気抵抗素子を有し、前記第2磁界と、前記第1、第2磁界で構成される合成磁界との成す角度に応じた正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方を出力する磁気センサと、

前記磁気センサから前記正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方が入力され、入力された信号に対して所定の演算を行って演算結果に対応するセンサ信号を出力する演算回路を有する信号処理部と、を備え、

前記磁気センサは2つ備えられ、それぞれの前記磁気センサに前記磁界発生手段から印加される前記第2磁界の大きさが互いに異なっているおり、

前記演算回路は、2つの前記磁気センサから入力された信号からそれぞれ前記成す角度における正接値を演算し、2つの前記磁気センサのうち印加される前記第2磁界が小さい一方の前記磁気センサの信号から演算した正接値に対して所定のオフセットを付加し、付加した演算値と他方の磁気センサの信号から演算した正接値とを比較して絶対値の小さい値を前記センサ信号として出力することを特徴とする電流センサ。

【請求項18】

前記信号処理部は、回路チップに形成されており、

前記磁気センサおよび前記回路チップは一体的にモールド樹脂によって封止されていることを特徴とする請求項1ないし17のいずれか1つに記載の電流センサ。

【請求項19】

10

20

30

40

50

前記磁気センサはモールド樹脂に封止されており、

前記信号処理部は、前記モールド樹脂の内部から外部に突出して備えられているリードを介して前記磁気センサの信号が入力されることを特徴とする請求項 1 ないし 17 のいずれか 1 つに記載の電流センサ。

【請求項 20】

前記被検出電流経路を囲むと共に一部にギャップが形成され、前記第 1 磁界を集磁する磁気コアを備え、

前記ギャップに前記磁気センサが配置されていることを特徴とする請求項 1 ないし 19 のいずれか 1 つに記載の電流センサ。

【請求項 21】

10

前記磁気センサには、前記第 1 磁界を集磁する磁気コアが形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 19 のいずれか 1 つに記載の電流センサ。

【請求項 22】

請求項 1 ないし 21 のいずれか 1 つに記載の電流センサを、前記第 2 磁界と前記被検出電流経路に流れる電流方向とが平行となるように前記被検出電流経路に組み付けてなる電流センサの組み付け構造。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、磁気抵抗素子を有して構成される磁気センサを備えた電流センサおよび電流センサの組み付け構造に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、例えば、特許文献 1 には、バイアス磁界を生成するバイアス磁石と、印加される磁界によって抵抗値が変化する磁気抵抗素子を用いた磁気センサとを備えた電流センサが提案されている。

【0003】

このような電流センサは、被検出電流経路としてのバスバー等に流れる被検出電流の電流方向とバイアス磁界とが平行となるように配置されて用いられる。そして、バスバーに被検出電流が流れるとき当該被検出電流に比例する電流磁界がバイアス磁界と垂直方向に形成されるため、電流センサには、バイアス磁界と電流磁界とによって構成される合成磁界が印加される。したがって、電流センサは、磁気抵抗素子の抵抗値が合成磁界に応じて変化するため、合成磁界に応じたセンサ信号を出力する。

【0004】

なお、一般的な磁気抵抗素子は、例えば、異方性磁気抵抗素子 (AMR) は、印加される合成磁界の角度に応じて抵抗値が正弦波波形の 2 倍波または余弦波波形の 2 倍波のように変化する。また、巨大磁気抵抗素子 (GMR) やトンネル磁器抵抗素子 (TMR) であれば、印加される合成磁界の角度に応じて抵抗値が正弦波波形または余弦波波形のように変化する。このため、電流センサから出力されるセンサ信号は正弦値を含む信号または余弦値を含む信号となる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2007-155399 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記電流センサは、合成磁界に応じた正弦値を含む信号または余弦値を含む信号をセンサ信号として出力するため、センサ信号が被検出電流に対してリニアな出力

50

とならず、被検出電流に対して検出精度が異なるという問題がある。すなわち、出力される信号が直線性の高い領域では検出精度が高くなるが、直線性の低い領域では検出精度が低くなる。なお、リニアな出力とは、被検出電流に流れる電流とセンサ信号（電圧）とが比例関係となる出力のことである。

【0007】

本発明は上記点に鑑みて、被検出電流経路に流れる被検出電流に対してリニアなセンサ信号を出力することができ、検出精度の異なりを抑制することができる電流センサおよび電流センサの組付け構造を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意検討を行った。そして、巨大磁気抵抗素子（GMR）やトンネル磁器抵抗素子（TMR）であれば抵抗値が正弦波波形または余弦波波形のように変化することに着目し、正接値を演算することによって被検出電流に対してリニアに変化する信号が得られることを見出した。

【0009】

このため、請求項1に記載の発明では、被検出電流経路に被検出電流が流れることによって生じる第1磁界と垂直方向に第2磁界を生成する磁界発生手段と、磁化方向が所定方向に固定されたピン層、絶縁体で構成されるトンネル層、外部磁化に応じて磁化方向が変化するフリー層が順に積層されてなる磁気抵抗素子を有し、第2磁界と、第1、第2磁界で構成される合成磁界との成す角度に応じた正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方を出力する磁気センサと、磁気センサから正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方が入力され、入力された信号に対して所定の演算を行って演算結果に対応するセンサ信号を出力する演算回路を有する信号処理部と、を備え、演算回路は、入力された信号を用いて成す角度における正接値を演算することによって（第1磁界）/（第2磁界）を演算し、正接値に対応する信号をセンサ信号として出力することによって第1磁界に比例したセンサ信号を出力することを特徴としている。

【0010】

このような電流センサでは、演算回路は、第2磁界と合成磁界との成す角度における正接値を演算し、この正接値に対応する信号をセンサ信号として出力する。すなわち、（第1磁界）/（第2磁界）を演算し、第1磁界に比例するセンサ信号を出力する。このため、センサ信号が被検出電流にリニアに対応する信号となり、検出精度を向上させることができる。

【0011】

例えば、請求項2に記載の発明のように、磁気センサは、ピン層の磁化方向が所定方向に固定され、成す角度に応じた正弦値を含む信号を出力する磁気抵抗素子が形成された第1検出部と、ピン層の磁化方向が第1検出部の磁気抵抗素子におけるピン層の磁化方向と垂直方向に固定され、成す角度に応じた余弦値を含む信号を出力する磁気抵抗素子が形成された第2検出部とを有するものとすることができる。そして、演算回路は、第1検出部から入力される正弦値を含む信号を第2検出部から入力される余弦値を含む信号で除算して正接値を演算するものとすることができる。

【0012】

また、請求項3ないし5に記載の発明では、被検出電流経路に被検出電流が流れることによって生じる第1磁界と垂直方向に第2磁界を生成する磁界発生手段と、磁化方向が所定方向に固定されたピン層、絶縁体で構成されるトンネル層、外部磁化に応じて磁化方向が変化するフリー層が順に積層されてなる磁気抵抗素子を有し、第2磁界と、第1、第2磁界で構成される合成磁界との成す角度に応じた正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方を出力する磁気センサと、磁気センサから正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方が入力され、入力された信号に対して所定の演算を行って演算結果に対応するセンサ信号を出力する演算回路を有する信号処

10

20

30

40

50

理部と、を備え、磁気センサは、ピン層の磁化方向が所定方向に固定され、成す角度に応じた正弦値を含む信号を出力する磁気抵抗素子が形成された第1検出部と、ピン層の磁化方向が所定方向と垂直方向に固定され、成す角度に応じた余弦値を含む信号を出力する磁気抵抗素子が形成された第2検出部と、を有することを特徴としている。

そして、請求項 3 に記載の発明では、第 2 検出部を構成するピン層の磁化方向と平行となる第 2 磁界を理想第 2 磁界とし、第 1 検出部を構成するピン層の磁化方向と平行となる第 1 磁界を理想第 1 磁界とすると、信号処理部は、理想第 2 磁界と第 2 磁界との成す角度を α とし、理想第 1 磁界と第 1 磁界との成す角度を β としたとき、角度 α 、 β を記憶する記憶手段を有するものとし、演算回路は、理想第 2 磁界と合成磁界との成す角度を γ とし、第 1 検出部から入力される正弦値を含む信号を第 2 検出部から入力される余弦値を含む信号で除算した値を $\tan \gamma$ としたとき、記憶手段に記憶されている角度 α 、 β を用いて次式

【 0 0 1 3 】

【数1】

$$\tan \theta = \frac{\tan \theta' \cdot \cos \alpha - \sin \alpha}{\tan \theta' \cdot \sin \beta + \cos \beta}$$

から成す角度における正接値を演算し、正接値に対応する信号をセンサ信号として出力することを特徴としている（図9、図10参照）。

[0 0 1 4]

このように、演算回路で角度 θ 、 ϕ を用いて正接値を演算(補正)することにより、検出精度が低下することを抑制することができる。

【 0 0 1 5 】

また、請求項 4 に記載の発明では、第 2 検出部を構成するピン層の磁化方向と平行となる第 2 磁界を理想第 2 磁界とすると、信号処理部は、理想第 2 磁界と第 2 磁界との成す角度を θ としたとき、角度 θ を記憶する記憶手段を有するものとし、演算回路は、理想第 2 磁界と合成磁界との成す角度を α とし、第 1 検出部から入力される正弦値を含む信号を第 2 検出部から入力される余弦値を含む信号で除算した値を $\tan \alpha$ としたとき、記憶手段に記憶されている角度 θ を用いて次式

【 0 0 1 6 】

【数2】

$$\tan \theta = \tan \theta' \cdot \cos \alpha - \sin \alpha$$

から成す角度における正接値を演算し、正接値に対応する信号をセンサ信号として出力することを特徴としている（図9、図10参照）。

【 0 0 1 7 】

さらに、請求項 5 に記載の発明では、第 1 検出部を構成するピン層の磁化方向と平行となる第 1 磁界を理想第 1 磁界とすると、信号処理部は、理想第 1 磁界と第 1 磁界との成す角度を θ としたとき、角度 θ を記憶する記憶手段を有するものとし、演算回路は、理想第 2 磁界と合成磁界との成す角度を α とし、第 1 検出部から入力される正弦値を含む信号を第 2 検出部から入力される余弦値を含む信号で除算した値を $\tan \theta$ としたとき、記憶手段に記憶されている角度 θ を用いて次式

【 0 0 1 8 】

【数3】

$$\tan \theta = \frac{\tan \theta'}{\tan \theta' \cdot \sin \beta + \cos \beta}$$

から成す角度における正接値を演算し、正接値に対応する信号をセンサ信号として出力することを特徴としている（図9、図10参照）。

【 0 0 1 9 】

そして、請求項 6 に記載の発明のように、演算回路は、磁気センサから正弦値を含む信号または余弦値を含む信号が入力されると、正弦値を含む信号の正弦値から余弦値を演算し、または余弦値を含む信号の余弦値から正弦値を演算し、この演算値と入力された信号から正接値を演算するものとすることができます。

【 0 0 2 0 】

このように、磁気センサから正弦値を含む信号または余弦値を含む信号のいずれか一方のみが入力されるような電流センサにおいても本発明を適用することができる。

【 0 0 2 1 】

さらに、請求項 7 に記載の発明のように、磁界発生手段を磁石とし、磁気センサを磁石上に配置することができる。

10

【 0 0 2 2 】

また、請求項 8 に記載の発明のように、磁界発生手段を所定方向に延設された第 1 部位と、第 1 部位の両端に所定方向と垂直方向に延設された第 2 部位とを備えたコの字状の磁石とし、磁気センサを第 2 部位の間に配置することができる。

【 0 0 2 3 】

これら請求項 7 および 8 に記載の発明によれば、磁気センサに印加される第 2 磁界が部分的にばらつくことを抑制することができる。

【 0 0 2 4 】

そして、請求項 9 に記載の発明のように、磁界発生手段を電流が流れると第 2 磁界を生成するコイルとすることができます。

20

【 0 0 2 5 】

また、請求項 10 に記載の発明のように、磁界発生手段を磁気センサ内に形成され、電流が流れると第 2 磁界を生成する薄膜コイルとすることができます。

【 0 0 2 6 】

この場合、請求項 11 に記載の発明のように、請求項 9 または 10 に記載の発明において、第 2 磁界の大きさを所定時毎にコイルに流れる電流の大きさを変化させることによって変化させることができます。

【 0 0 2 7 】

これら請求項 9 ないし 11 に記載の発明によれば、磁界発生手段をコイルで形成しており、流れる電流によって第 2 磁界の大きさを任意に変更することができるため、検出感度や検出レンジを適宜変更することができる。

30

【 0 0 2 8 】

また、請求項 12 に記載の発明のように、磁界発生手段をフリー層上に強磁性膜を積層して構成することができる。

【 0 0 2 9 】

さらに、請求項 13 に記載の発明のように、磁界発生手段をピン層を構成する強磁性膜で構成することができる。

【 0 0 3 0 】

これら請求項 12 および 13 に記載の発明によれば、磁界発生手段を磁気センサ内に形成するため、磁界発生手段を磁石等で構成する場合と比較して、小型化を図ることができます。

40

【 0 0 3 1 】

そして、請求項 14 に記載の発明のように、磁気センサは複数備えられ、それぞれの磁気センサに磁界発生手段から印加される第 2 磁界の大きさが互いに異なるものとすることができます。

【 0 0 3 2 】

このように、磁気センサを複数備えてそれぞれの磁気センサに印加される第 2 磁界の大きさを互いに異なるものとすることにより、各磁気センサに印加される合成磁界と第 2 磁界との成す角度も互いに異なることになる。このため、各磁気センサから異なる信号が 출력されることになる。したがって、第 2 磁界の大きさを適宜選択することにより、高感度

50

の検出を行いつつ、広レンジの検出を行うことができる。

【0033】

例えば、請求項15に記載の発明のように、複数の磁気センサはそれぞれ磁界発生手段との距離が互いに異なるものとすることができる。

【0034】

また、請求項16に記載の発明のように、磁界発生手段は、複数備えられて大きさが互いに異なる第2磁界を生成するものとすることができる。

【0035】

さらに、請求項17に記載の発明では、被検出電流経路に被検出電流が流れることによって生じる第1磁界と垂直方向に第2磁界を生成する磁界発生手段と、磁化方向が所定方向に固定されたピン層、絶縁体で構成されるトンネル層、外部磁化に応じて磁化方向が変化するフリー層が順に積層されてなる磁気抵抗素子を有し、第2磁界と、第1、第2磁界で構成される合成磁界との成す角度に応じた正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方を出力する磁気センサと、磁気センサから正弦値を含む信号および余弦値を含む信号の少なくともいずれか一方が入力され、入力された信号に対して所定の演算を行って演算結果に対応するセンサ信号を出力する演算回路を有する信号処理部と、を備えることを特徴としている。そして、磁気センサを2つ備え、演算回路は、2つの磁気センサから入力された信号からそれぞれ成す角度における正接値を演算し、2つの磁気センサのうち印加される第2磁界が小さい一方の磁気センサの信号から演算した正接値に対して所定のオフセットを付加し、付加した演算値と他方の磁気センサの信号から演算した正接値とを比較して絶対値の小さい値をセンサ信号として出力することを特徴としている。

10

【0036】

そして、請求項18に記載の発明のように、信号処理部を回路チップに形成し、磁気センサおよび回路チップを一体的にモールド樹脂によって封止することができる。

【0037】

また、請求項19に記載の発明のように、磁気センサをモールド樹脂に封止することができる。そして、信号処理部をモールド樹脂の内部から外部に突出して備えられているリードを介して磁気センサの信号が入力されるものとすることができる。

【0038】

30

さらに、請求項20に記載の発明のように、被検出電流経路を囲むと共に一部にギャップが形成され、第1磁界を集磁する磁気コアを備え、磁気コアのギャップに磁気センサを配置することができる。

【0039】

また、請求項21に記載の発明のように、磁気センサ内に第1磁界を集磁する磁気コアを備えることができる。

【0040】

これら請求項20および21に記載の発明によれば、磁気コアによって第1磁界が集磁され、集磁された第1磁界が磁気センサに印加されるため、微小な被検出電流を検出することができ、検出感度を向上させることができる。

40

【0041】

以上では、本発明を電流センサとして把握した場合について説明したが、本発明を電流センサの組み付け構造として把握することも可能である。

【0042】

すなわち、請求項22に記載の発明では、請求項1ないし21のいずれか1つに電流センサを、第2磁界と被検出電流経路に流れる電流方向とが平行となるように、被検出電流経路に組み付けることを特徴としている。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明の第1実施形態における電流センサをバスバーに取り付けたときの模式図

50

である。

【図2】図1に示す電流センサの断面構成を示す図である。

【図3】図1に示す電流センサの回路構成を示す図である。

【図4】磁気抵抗素子の断面構成を示す図である。

【図5】バスバーに流れる被検出電流とセンサ信号との関係を示す図である。

【図6】本発明の第2実施形態における電流センサの平面図である。

【図7】本発明の第3実施形態における電流センサの平面図である。

【図8】本発明の第4実施形態における電流センサの平面図である。

【図9】本発明の第5実施形態における電流センサの回路構成を示す図である。

【図10】角度ずれを説明するための図である。

【図11】角度ずれ、を記憶部に書き込む工程を示すフローチャートである。

【図12】本発明の第6実施形態における電流センサの平面図である。

【図13】(a)は第1バイアス磁石の第1バイアス磁界と電流磁界とで構成される第1合成磁界を示す図、(b)は第2バイアス磁石の第2バイアス磁界と電流磁界とで構成される第2合成磁界を示す図である。

【図14】バスバーに流れる被検出電流とセンサ信号との関係を示す図である。

【図15】本発明の第7実施形態における電流センサの断面構成を示す図である。

【図16】本発明の第8実施形態における電流センサの回路構成を示す図である。

【図17】本発明の第9実施形態における電流センサの断面構成を示す図である。

【図18】本発明の第10実施形態における電流センサをバスバーに取り付けたときの模式図である。

【図19】本発明の第11実施形態における磁気センサの平面図である。

【図20】本発明の第12実施形態における磁気抵抗素子の断面構成を示す図である。

【図21】本発明の他の実施形態におけるバスバーに流れる被検出電流とセンサ信号との関係を示す図である。

【図22】本発明の他の実施形態におけるバスバーに流れる被検出電流とセンサ信号との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0044】

(第1実施形態)

本発明の第1実施形態について図面を参照しつつ説明する。図1は、本実施形態における電流センサを被検出電流経路としてのバスバーに取り付けたときの模式図、図2は図1に示す電流センサの断面構成を示す図である。なお、本実施形態における電流センサは、例えば、車載バッテリ等に接続されるバスバーに流れる被検出電流を検出するものに用いられるが好適である。

【0045】

図1および図2に示されるように、電流センサ1は、一面10aおよび他面10bを有する基板10を備えている。そして、この基板10の一面10a上に、磁気抵抗素子を有して構成される外形が矩形状の磁気センサ20、磁気センサ20にバイアス磁界Bbを印加する外形が矩形状のバイアス磁石30、磁気センサ20から出力される信号を演算する回路チップ40が搭載されて構成されている。なお、本実施形態では、バイアス磁石30が本発明の磁界発生手段に相当しており、回路チップ40が本発明の信号処理部に相当しており、バイアス磁界Bbが本発明の第2磁界に相当している。

【0046】

磁気センサ20は、本実施形態では、基板10の一面10a上にバイアス磁石30を介して搭載されている。これにより、例えば、磁気センサ20が矩形状のバイアス磁石30の角部近傍等に配置される場合と比較して、磁気センサ20に印加されるバイアス磁界Bbが部分的にばらつくことを抑制することができる。つまり、具体的には後述するが、磁気センサ20は複数の磁気抵抗素子を有して構成されるため、各磁気抵抗素子に影響するバイアス磁界Bbの角度がばらつくことを抑制することができる。

10

20

30

40

50

【0047】

また、電流センサ1は、回路チップ40と図示しないワイヤを介して電気的に接続されるリード50を備えている。そして、リード50のうち基板10側と反対側の部分(アウターリード部)が露出するように、各部材10~40がモールド樹脂60に封止され、モールドIC化されている。

【0048】

このような電流センサ1は、図1に示されるように、本発明の被検出電流経路に相当するバスバー70に組みつけられて用いられる。具体的には、電流センサ1は、バスバー70に流れる電流方向(図1中紙面左右方向)とバイアス磁界Bbとが平行となるように、バスバー70に組み付けられる。言い換えると、電流センサ1は、バスバー70に流れる被検出電流によって生成される電流磁界Biとバイアス磁界Bbとが垂直となるように、バスバー70に組み付けられる。そして、磁気センサ20には、バイアス磁界Bbと電流磁界Biとによって構成される合成磁界Bsが印加されるようになっている。なお、本実施形態では、電流磁界Biが本発明の第1磁界に相当している。

10

【0049】

次に、上記電流センサ1の回路構成について説明する。図3は、電流センサ1の回路構成を示す図である。

【0050】

図3に示されるように、磁気センサ20は、4つの磁気抵抗素子21a~21dがブリッジ回路を構成するように形成された第1検出部21と、4つの磁気抵抗素子22a~22dがブリッジ回路を形成するように形成された第2検出部22とを有している。図4は、磁気抵抗素子21aの断面構成を示す図である。

20

【0051】

図4に示されるように、磁気抵抗素子21aは、磁化方向が所定方向に固定されたピン層23、絶縁体で構成されるトンネル層24、外部磁化に応じて磁化方向が変化するフリー層25が順に積層され、図示しない下部電極および上部電極を備えた一般的なものである。なお、図4では、ピン層23の磁化方向を矢印で示している。また、磁気抵抗素子21b~22dも磁気抵抗素子21aと同様の構成であり、磁気抵抗素子22a~22dはピン層23の磁化方向が磁気抵抗素子21aの磁化方向と垂直とされている。

【0052】

30

つまり、第1検出部21を構成する各磁気抵抗素子21a~22dはそれぞれピン層の磁化方向が互いに平行とされ、第2検出部22を構成する各磁気抵抗素子22a~22dのピン層の磁化方向は、それぞれ第1検出部21を構成する各磁気抵抗素子21a~21dのピン層の磁化方向と垂直とされている。なお、図3中の磁気センサ20内に示してある矢印は、各磁気抵抗素子21a~21d、22a~22dのピン層の磁化方向を示している。

【0053】

このような磁気センサ20は、例えば、第1検出部21の磁化方向がバイアス磁界Bbと垂直となると共に第2検出部22の磁化方向がバイアス磁界Bbと平行となるように基板10の一面10aに搭載される。このため、図1に示されるように、バイアス磁界Bbと合成磁界Bsとの成す角度をθとすると、第1検出部21から出力される信号Va1、Va2は、 $\sin \theta$ を含む信号となり、第2検出部22から出力される信号Vb1、Vb2は $\cos \theta$ を含む信号となる。なお、 $\sin \theta$ を含む信号は、本発明の成す角度θに応じた正弦値を含む信号に相当し、 $\cos \theta$ を含む信号は、本発明の成す角度θに応じた余弦値を含む信号に相当している。

40

【0054】

回路チップ40は、電源回路41、第1、第2差動增幅回路42、43、演算回路44を有している。

【0055】

電源回路41は、定電圧回路等を備えて構成されており、第1検出部21の磁気抵抗素

50

子 2 1 a、2 1 d の中点に接続されていると共に第 2 検出部 2 2 の磁気抵抗素子 2 2 a、2 2 d の中点に接続されている。そして、端子 4 5 を介して電源から入力される電圧を定電圧 V_{cc} に変換し、この定電圧 V_{cc} を第 1 検出部 2 1 の磁気抵抗素子 2 1 a、2 1 d の中点、第 2 検出部 2 2 の磁気抵抗素子 2 2 a、2 2 d の中点に印加する。なお、第 1 検出部 2 1 の磁気抵抗素子 2 1 b、2 1 c の中点、第 2 検出部 2 2 の磁気抵抗素子 2 2 b、2 2 c の中点は端子 4 6 を介してグランドに接続されている。

【0056】

第 1 差動増幅回路 4 2 は、反転入力端子が第 1 検出部 2 1 の磁気抵抗素子 2 1 c、2 1 d の中点に接続されてこの中点の電圧 V_{a1} が入力されると共に、非反転入力端子が磁気抵抗素子 2 1 a、2 1 b の中点に接続されてこの中点の電圧 V_{a2} が入力され、入力された電圧を差動増幅して演算回路 4 4 に信号 V_a を出力する。この信号 V_a は、上記のように、第 1 検出部 2 1 から V_{a1} 、 V_{a2} として \sin を含む信号が入力されるため、次式となる。

【0057】

【数 4】

$$V_a = G(V_{a2} - V_{a1}) = G \cdot V_{cc} \cdot K(t) \cdot \sin \theta$$

なお、 G は第 1 差動増幅回路 4 2 の増幅率、 V_{cc} は第 1 検出部 2 1 に印加される電圧、 $K(t)$ は第 1 検出部 2 1 の温度特性である。

【0058】

第 2 差動増幅回路 4 3 は、第 1 差動増幅回路 4 2 と同様のものであり、反転入力端子が第 2 検出部 2 2 の磁気抵抗素子 2 2 c、2 2 d の中点に接続されてこの中点の電圧 V_{b1} が入力されると共に、非反転入力端子が磁気抵抗素子 2 2 a、2 2 b の中点に接続されてこの中点の電圧 V_{b2} が入力され、入力された電圧を差動増幅して演算回路 4 4 に信号 V_b を出力する。この信号 V_b は、上記のように、第 2 検出部 2 2 から V_{b1} 、 V_{b2} として \cos を含む信号が入力されるため、次式となる。

【0059】

【数 5】

$$V_b = G(V_{b2} - V_{b1}) = G \cdot V_{cc} \cdot K(t) \cdot \cos \theta$$

なお、数式 4 と同様に、 G は第 2 差動増幅回路 4 3 の増幅率、 V_{cc} は第 2 検出部 2 2 に印加される電圧、 $K(t)$ は第 2 検出部 2 2 の温度特性である。ここで、第 1、第 2 差動増幅回路 4 2、4 3 は同じ構成とされているため、増幅率 G は同じ値となる。また、第 1、第 2 検出部 2 1、2 2 は、ピン層の磁化方向以外は同じ構成とされている磁気抵抗素子 2 1 a ~ 2 1 d、2 2 a ~ 2 2 d にて構成されているため、温度特性 $K(t)$ は同じ値となる。

【0060】

演算回路 4 4 は、第 1、第 2 差動増幅回路 4 2、4 3 から入力された信号 V_a 、 V_b を用いてバイアス磁界 B_b と合成磁界 B_s との成す角度 θ における正接値を演算し、この正接値に対応する信号をセンサ信号として端子 4 7 から出力する。具体的には、本実施形態では、演算回路 4 4 には、第 1 差動増幅回路 4 2 から上記数式 4 に示す V_a が入力されると共に第 2 差動増幅回路 4 3 から上記数式 5 に示す V_b が入力されるため、 V_a を V_b で除算して正接値 ($\tan \theta$) を演算し、この演算結果に対応する信号をセンサ信号として出力する。言い換えると、図 1 に示されるように、 $\tan \theta = (電流磁界 B_i) / (バイアス磁界 B_b)$ となるため、 $(電流磁界 B_i) / (バイアス磁界 B_b)$ に対応する信号をセンサ信号として出力する。すなわち、バイアス磁界 B_b はバイアス磁石 3 0 により構成されるもので一定であるため、バスバー 7 0 に流れる被検出電流が生成する電流磁界 B_i に比例する信号をセンサ信号として出力する。つまり、センサ信号はバスバー 7 0 に流れる被検出電流にリニアに変化する信号となる。

【0061】

10

20

30

40

50

図5は、バスバー70に流れる被検出電流とセンサ信号との関係である。図5に示されるように、演算回路44から出力されるセンサ信号は、バイアス磁界Bbと合成磁界Bsとの成す角度がバスバー70に流れる被検出電流に比例して大きくなるため、バスバー70に流れる被検出電流にリニアに対応する信号となる。

【0062】

なお、正接値に対応する信号をセンサ信号として出力するとは、演算した正接値に対して所定のオフセットを付加した値をセンサ信号として出力したり、演算した正接値をそのままセンサ信号として出力したりすることであり、本実施形態では演算した正接値をそのまま出力している。

【0063】

以上説明したように、本実施形態の電流センサ1では、演算回路44は、第1、第2検出部21、22から第1、第2差動增幅回路42、43を介して入力される信号Va、Vbを用いてバイアス磁界Bbと合成磁界Bsとの成す角度における正接値を演算し、この正接値に対応する信号をセンサ信号として出力している。すなわち、(電流磁界Bi)/(バイアス磁界Bb)を演算し、電流磁界Biに比例するセンサ信号を出力している。このため、上記図5のように、センサ信号が被検出電流にリニアに対応する(比例する)信号となり、被検出電流に対する検出精度の異なりを抑制することができる。

【0064】

また、このような電流センサ1は、従来の電流センサ1に対して特別な部品等を新たに備える必要もなく、コストを大幅に上昇させることもない。

【0065】

さらに、演算回路44では、上記式4に示す信号Vaを上記式5で示す信号Vbで除算するため、信号Va、Vbに含まれる温度特性をキャンセルすることができ、温度特性を有しないセンサ信号を出力することができる。

【0066】

(第2実施形態)

本発明の第2実施形態について説明する。本実施形態は、上記第1実施形態に対して、バイアス磁石30の形状を変更したものであり、その他に関しては第1実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。図6は、本実施形態における電流センサ1の平面図である。

【0067】

図6に示されるように、本実施形態では、バイアス磁石30が、所定方向に延設された第1部位と、当該第1部位の両端に延設方向と垂直方向に突出した第2部位とを有するコの字状とされている。そして、磁気センサ20は、バイアス磁石30の内側(ギャップ)、つまり第2部位の間に配置されている。

【0068】

これによれば、バイアス磁界BbがN極を構成する第2部位からS極を構成する第2部位に向かう方向となる。そして、磁気センサ20が第2部位の間に配置されている。このため、例えば、磁気センサ20を矩形状のバイアス磁石30の角部近傍に配置する場合と比較して、磁気センサ20に印加されるバイアス磁界Bbが部分的にばらつくことを抑制することができる。

【0069】

(第3実施形態)

本発明の第3実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して、磁界発生手段を変更したものであり、その他に関しては第1実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。図7は、本実施形態における電流センサ1の平面図である。

【0070】

図7に示されるように、本実施形態では、基板10に、バイアス磁石30が搭載されておらず、コアコイル31が搭載されている。そして、当該コアコイル31もモールド樹脂60に被覆されている。コアコイル31は、一方向に延設された第1部位と、第1部位の

10

20

30

40

50

延設方向と垂直方向に突出した第2部位とを有するコの字状の鉄心の第1部位に巻線が巻かれて構成されている。巻線は回路チップ40と電気的に接続されており、回路チップ40から所定の電流が流されるようになっている。

【0071】

つまり、本実施形態では、コアコイル31に電流を流すことによってバイアス磁界Bbが生成されるようになっており、このバイアス磁界Bbが磁気センサ20に印加されるようになっている。すなわち、本実施形態では、このコアコイル31が本発明の磁界発生手段に相当している。なお、このようなコアコイル31に電流を流した場合には、紙面左右方向にバイアス磁界Bbが形成される。また、磁気センサ20は、上記第2実施形態と同様に、コアコイル31の内側に配置されている。つまり、コの字状の鉄心の内側(ギャップ)に配置されている。

10

【0072】

これによれば、コアコイル31に電流を流すことによってバイアス磁界Bbを形成しているため、バイアス磁界Bbの大きさをコアコイル31に流す電流によって任意に変更することができる。したがって、検出感度や検出レンジを自由に変更することができ、適用性を向上させることができる。なお、鉄心は、コの字状に限定されるものではなく、例えば、第1部位のみを有する形状であってもよい。

【0073】

また、上記では、鉄心に巻線を巻いたコアコイル31に電流を流すことによってバイアス磁界Bbを生成する例について説明したが、鉄心を備えない空芯コイルに電流を流すことによってバイアス磁界Bbを生成するようにしてもよい。これによれば、鉄心を備えないため、バイアス磁界Bbの温度特性を無くすことができ、検出精度を向上させることができる。また、鉄心を備えない空芯コイルの場合には、磁気センサ20を空芯コイルの内部に配置することができ、電流センサ1を小型化することができる。

20

【0074】

図8に示されるように、本実施形態では、基板10にバイアス磁石30が搭載されておらず、モールド樹脂60の外側に巻線が巻き回されて構成されるコイル32が備えられている。このコイル32は、回路チップ40と電気的に接続されており、回路チップ40から電流が流されるようになっている。つまり、本実施形態では、コイル32に電流を流すことによってバイアス磁界Bbが生成されるようになっており、このバイアス磁界Bbが磁気センサ20に印加されるようになっている。すなわち、本実施形態では、このコイル32が本発明の磁界発生手段に相当している。

30

【0075】

なお、このようなコイル32に電流を流した場合には、紙面左右方向にバイアス磁界Bbが形成される。また、コイル32は絶縁体で被覆されており、バスバー70に組み付けられた際に、バスバー70と電気的に接続されないようになっている。

【0076】

このように、モールド樹脂60の外側にコイル32を備えるようにしても上記第3実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0077】

40

(第5実施形態)

本発明の第5実施形態について説明する。上記各実施形態では、第1検出部21(第2検出部22)の磁化方向とバイアス磁界Bbとが垂直(平行)となるように電流センサ1を構成し、第1検出部21(第2検出部22)の磁化方向と電流磁界Biとが平行(垂直)となるように電流センサ1をバスバー70に組み付けたものを説明した。しかしながら、実際には、磁気センサ20は配置予定領域に対してずれて配置されることがあり、電流センサ1は配置予定領域に対してずれて配置されることがある。つまり、磁気センサ20とバイアス磁石30との角度ずれによって第1検出部21(第2検出部22)の磁化方向とバイアス磁界Bbとが非垂直(非平行)となったり、電流センサ1(磁気センサ20)とバスバー70との角度ずれによって第1検出部21(第2検出部22)の磁化方向と電

50

流磁界 B_i とが非平行（非垂直）になったりすることがある。この場合、第1、第2検出部 21、22 から出力される信号 $V_a 1$ 、 $V_a 2$ 、 $V_b 1$ 、 $V_b 2$ にはこれらの角度ずれが含まれることになる。このため、演算回路 44 で第1、第2差動增幅回路 42、43 から入力される信号 V_a 、 V_b を除算した値をそのままセンサ信号として出力すると、このセンサ信号は角度ずれを含む信号となり検出精度が低下することになる。

【0078】

したがって、本実施形態の電流センサ 1 は、上記各実施形態に対して、演算回路 44 で角度ずれを補正するようにしたものであり、その他に関しては第1実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。図 9 は本実施形態における電流センサ 1 の回路構成を示す図である。

10

【0079】

図 9 に示されるように、本実施形態では、回路チップ 40 は演算回路 44 と接続される記憶部 48 を有している。この記憶部 48 は、E P R O M 等で構成され、端子 49 を介して磁気センサ 20 とバイアス磁石 30 との角度ずれおよび電流センサ 1（磁気センサ 20）とバスバー 70 との角度ずれが書き込まれてこれらの角度ずれを記憶するものである。なお、本実施形態では、記憶部 48 が本発明の記憶手段に相当している。

【0080】

演算回路 44 は、本実施形態では、第1、第2差動增幅回路 42、43 から入力された信号 V_a 、 V_b を用いてセンサ信号を演算する際に、記憶部 48 に記憶されている角度ずれを読み出し、当該角度ずれを用いて補正演算をしてこの演算結果をセンサ信号として出力する。以下に、磁気センサ 20 とバイアス磁石 30 との角度ずれおよび電流センサ 1（磁気センサ 20）とバスバー 70 との角度ずれを用いて補正演算する際の演算式について説明する。

20

【0081】

図 10 は、角度ずれを説明するための図である。図 10 では、 B_b を磁気センサ 20 に印加される理想バイアス磁界、 B_i を磁気センサ 20 に印加される理想電流磁界、 B_s を理想バイアス磁界 B_b と理想電流磁界 B_i とにより構成される理想合成磁界、 B_b' を磁気センサ 20 に印加される実際のバイアス磁界、 B_i' を磁気センサ 20 に印加される実際の電流磁界、 B_s' を実際のバイアス磁界 B_b' と実際の電流磁界 B_i' とにより構成される実際の合成磁界、 θ を磁気センサ 20 とバイアス磁石 30 との角度ずれ（理想バイアス磁界 B_b と実際のバイアス磁界 B_b' との成す角度）、 ϕ を磁気センサ 20 とバスバー 70 との角度ずれ（理想電流磁界 B_i と実際の電流磁界 B_i' との成す角度）、 ψ を理想バイアス磁界 B_b と理想合成磁界 B_s との成す角度、 ψ' を理想バイアス磁界 B_b と実際の合成磁界 B_s' との成す角度をとして示している。

30

【0082】

なお、理想バイアス磁界 B_b とは、第2検出部 22 の磁化方向と平行となるバイアス磁界のことであり、言い換えると磁気センサ 20 とバイアス磁石 30 とに角度ずれがない場合に磁気センサ 20 に印加されるバイアス磁界のことである。つまり、理想バイアス磁界 B_b と実際のバイアス磁界 B_b' との成す角度 θ とは、言い換えると第2検出部 22 の磁化方向と実際のバイアス磁界 B_b' との成す角度のことである。また、理想電流磁界 B_i とは、第1検出部 21 の磁化方向と平行となる電流磁界のことであり、言い換えると磁気センサ 20 とバスバー 70 とに角度ずれがない場合に磁気センサ 20 に印加される電流磁界のことである。つまり、理想電流磁界 B_i と実際の電流磁界 B_i' との成す角度 ϕ とは、言い換えると第1検出部 21 の磁化方向と実際の電流磁界 B_i' のことである。本実施形態では、理想電流磁界が本発明の理想第1磁界に相当し、理想バイアス磁界が本発明の理想第2磁界に相当している。

40

【0083】

図 10 に示されるように、理想バイアス磁界 B_b と実際のバイアス磁界 B_b' との成す角度が θ であり（以下では、単に角度ずれ θ という）、理想電流磁界 B_i と実際の電流磁界 B_i' との成す角度 ϕ である（以下では、単に角度ずれ ϕ という）場合には、理想バイ

50

アス磁界 B_b と実際の合成磁界 B_s' との成す角度が θ' になるため、演算回路 4 4 にて信号 V_a を信号 V_b で除算すると、 $\tan \theta'$ を演算することになり、次式となる。

【0084】

【数6】

$$\tan \theta' = \frac{B_b \cdot \sin \alpha - B_s \cdot \cos \beta}{B_b \cdot \cos \alpha - B_s \cdot \sin \beta}$$

なお、数式6における B_b は理想バイアス磁界の大きさ、 B_s は理想合成磁界の大きさである。ここで、 $\tan \theta' = B_s / B_b$ と示されるため、これを数式6に代入して変形すると、次式となる

【0085】

【数7】

$$\tan \theta = \frac{\tan \theta' \cdot \cos \alpha - \sin \alpha}{\tan \theta' \cdot \sin \beta + \cos \beta}$$

このため、演算回路4 4 は、第1、第2差動增幅回路4 2、4 3 から入力される信号 V_a 、 V_b を除算して角度ずれを含む信号 $\tan \theta'$ を演算し、上記数式7に $\tan \theta'$ および角度ずれ α 、 β を代入して演算することにより、角度ずれを補正した正接値 ($\tan \theta$) を演算することができる。したがって、演算回路4 4 は、記憶部4 8 に記憶されている角度ずれ α 、 β を読み出し、第1、第2差動增幅回路4 2、4 3 から入力される信号 V_a 、 V_b および角度ずれ α 、 β を用い、上記数式7を演算してこの演算値をセンサ信号として出力する。

【0086】

次に、記憶部4 8 に角度ずれ α 、 β を書き込む工程について説明する。図1 1 は、角度ずれ α 、 β を記憶部4 8 に書き込む工程を示すフローチャートであり、本実施形態では電流センサ1をバスバー7 0 に組み付けた後に行われる。なお、この状態で電流センサ1はリード5 0 を介して外部回路と電気的に接続されている。

【0087】

まず、ステップ1 0 0 にて、バスバー7 0 に被検出電流を流さない状態で電流センサ1からの出力 V_1 を計測する。このとき、角度ずれ α がある場合、図1 0 に示されるように、理想バイアス磁界 B_b と実際のバイアス磁界 B_b' とが非平行となる。つまり、第1検出部2 1 の磁化方向とバイアス磁界 B_b' とが非垂直となり、第2検出部2 2 の磁化方向とバイアス磁界 B_b' とが非平行となる。このため、バスバー7 0 に被検出電流を流さない場合であっても第1、第2検出部2 1、2 2 から角度ずれ α に応じた信号 V_{a1} 、 V_{a2} 、 V_{b1} 、 V_{b2} が outputされる。すなわち、電流センサ1から出力される信号 V_1 は、 $\tan \theta$ に対応するものであり、 $\tan \theta = V_1$ となる。

【0088】

したがって、ステップ1 1 0 にて、外部回路で $\arctan(V_1)$ を演算して角度ずれ α を算出する。

【0089】

続いて、ステップ1 2 0 にて、バスバー7 0 に所定の被検出電流を流し、電流センサ1からの出力 V_2 を計測する。このとき、角度ずれ α 、 β がある場合、演算回路4 4 から出力される信号 V_2 は、 $\tan \theta'$ に対応するものであり、 $\tan \theta' = V_2$ となる。

【0090】

したがって、ステップ1 3 0 にて、上記数式6に出力 V_2 、角度ずれ α を代入して θ' を算出する。なお、外部回路には、理想バイアス磁界 B_b の大きさ、バスバー7 0 に所定の被検出電流を流したときに構成される理想合成磁界 B_s の大きさが予め記憶されている。

【0091】

その後、ステップ1 4 0 にて、外部回路から端子4 9 を介して角度ずれ α 、 β を記憶部4 8 に書き込む。このようにして、記憶部4 8 に角度ずれ α 、 β が書き込まれ、記憶部4

10

20

30

40

50

8 は角度ずれ 、 を記憶する。

【 0 0 9 2 】

以上説明したように、本実施形態の電流センサ 1 では、演算回路 4 4 は、記憶部 4 8 に記憶された角度ずれ 、 を用い、上記式 7 に角度ずれ 、 を代入して演算し、演算した値をセンサ信号として出力するようにしている。このため、角度ずれ 、 を補正することができ、検出精度が低下することを抑制することができる。

【 0 0 9 3 】

(第 6 実施形態)

本発明の第 6 実施形態について説明する。本実施形態は、第 1 実施形態に対して 2 つの磁気センサ 2 0 と 2 つのバイアス磁石 3 0 を備えたものであり、その他に関しては第 1 実施形態と同様であるためここでは説明を省略する。図 1 2 は、電流センサ 1 の平面図である。

10

【 0 0 9 4 】

図 1 2 に示されるように、本実施形態では、図示しない基板 1 0 の一面 1 0 a 上に第 1 、第 2 バイアス磁石 3 0 a 、 3 0 b が搭載されている。図 1 3 (a) は第 1 バイアス磁石 3 0 a のバイアス磁界 B b 1 と電流磁界 B i とで構成される第 1 合成磁界 B s 1 を示す図 、 図 1 3 (b) は第 2 バイアス磁石 3 0 b のバイアス磁界 B b 2 と電流磁界 B i とで構成される第 2 合成磁界 B s 2 を示す図である。図 1 3 に示されるように、第 1 バイアス磁石 3 0 a は第 2 バイアス磁石 3 0 b より強磁性体で構成されており、第 1 バイアス磁石 3 0 a で生成される第 1 バイアス磁界 B b 1 の大きさが第 2 バイアス磁石 3 0 b で生成される第 2 バイアス磁界 B b 2 の大きさより大きくなるようにされている。

20

【 0 0 9 5 】

そして、図 1 2 に示されるように、これら第 1 、第 2 バイアス磁石 3 0 a 、 3 0 b 上にそれぞれ磁気センサ 2 0 が搭載されている。各磁気センサ 2 0 は、上記第 1 実施形態で説明したものと同様のものであり、それぞれ第 1 、第 2 検出部 2 1 、 2 2 を有して構成されている。

【 0 0 9 6 】

演算回路 4 4 は、特に図示しないが、本実施形態では、 2 つの端子 4 7 と接続されている。そして、第 1 バイアス磁石 3 0 a 上に搭載されている磁気センサ 2 0 から入力された信号を演算して一方の端子 4 7 から第 1 センサ信号を出力し、第 2 バイアス磁石 3 0 b 上に搭載されている磁気センサ 2 0 から入力された信号を演算して他方の端子 4 7 から第 2 センサ信号を出力する。

30

【 0 0 9 7 】

このような電流センサ 1 では、バスバー 7 0 に被検出電流が流れたとき、第 1 、第 2 バイアス磁石 3 0 a 、 3 0 b のバイアス磁界 B b 1 、 B b 2 の大きさが互いに異なるため、図 1 3 に示されるように、第 1 バイアス磁石 3 0 a 上に搭載されている磁気センサ 2 0 に印加される合成磁界 B s 1 と、第 2 バイアス磁石 3 0 b 上に搭載されている磁気センサ 2 0 に印加される合成磁界 B s 2 とが異なる。具体的には、第 1 バイアス磁界 B b 1 が第 2 バイアス磁界 B b 2 より大きくされているため、バスバー 7 0 に被検出電流が流れたとき、第 1 バイアス磁界 B b 1 と第 1 合成磁界 B s 1 の成す角度 θ_1 より第 2 バイアス磁界 B b 2 と第 2 合成磁界 B s 2 の成す角度 θ_2 の方が大きくなる。

40

【 0 0 9 8 】

このため、演算回路 4 4 が第 1 、第 2 センサ信号を演算すると、これら第 1 、第 2 センサ信号は異なる信号となる。図 1 4 は、バスバー 7 0 に流れる被検出電流とセンサ信号との関係を示す図である。図 1 4 に示されるように、演算回路 4 4 から出力される第 1 センサ信号は、第 2 センサ信号より被検出電流に対して出力電圧の傾きが小さくなる。すなわち、第 1 センサ信号は広レンジ出力となり、第 2 センサ信号は高感度出力となる。

【 0 0 9 9 】

以上より、本実施形態の電流センサ 1 は、第 1 バイアス磁石 3 0 a 上に搭載されている磁気センサ 2 0 を用いて広レンジの電流検出を行うことができ、第 2 バイアス磁石 3 0 b

50

上に搭載されている磁気センサ 20 を用いて高感度の電流検出を行うことができる。

【0100】

(第7実施形態)

本発明の第7実施形態について説明する。本実施形態は、第6実施形態に対してバイアス磁石30を一つにしたものであり、その他に関しては第6実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。図15は、本実施形態における電流センサ1の断面構成を示す図である。

【0101】

図15に示されるように、本実施形態の電流センサ1では、基板10の一面10a上にバイアス磁石30を介して磁気センサ20が搭載され、基板10の他面10b上に磁気センサ20が直接搭載されている。すなわち、2つの磁気センサ20は、バイアス磁石30との距離が互いに異なるように基板10に配置されている。詳述すると、本実施形態では、各磁気センサ20は、基板10の平面方向における同じ位置に搭載されており、バイアス磁石30、基板10を挟んで対向して搭載されている。つまり、他面10b側に搭載された磁気センサ20よりも基板10の厚さの分だけバイアス磁石30からの距離が遠くなるように、各磁気センサ20が搭載されている。そして、バイアス磁石30上に搭載される磁気センサ20に印加されるバイアス磁界Bbが基板10の他面10b上に搭載される磁気センサ20に印加されるバイアス磁界Bbより大きくなるようにされている。なお、各磁気センサ20は、上記第6実施形態と同様に、同じものとされている。

10

20

【0102】

このように、バイアス磁石30との距離を互いに異ならせるように2つの磁気センサ20を基板10に搭載し、各磁気センサ20に印加されるバイアス磁界Bbの大きさが互いに異なるようにしても上記第6実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0103】

なお、ここでは、基板10を挟んで2つの磁気センサ20を搭載する例について説明したが、次のようにしてもよい。すなわち、基板10の一面10a上にバイアス磁石30を搭載し、当該バイアス磁石30の近傍に一方の磁気センサ20を搭載すると共にこの磁気センサ20を挟んでバイアス磁石30と反対側に他方の磁気センサ20を搭載するようにして各磁気センサ20とバイアス磁石30との距離が互いに異なるようにしてもよい。

30

【0104】

(第8実施形態)

本発明の第8実施形態について説明する。本実施形態は、上記第1実施形態に対して、磁気センサ20に第1検出部21のみを備えたものであり、その他に関しては第1実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。図16は、電流センサ1の回路構成を示す図である。

【0105】

図16に示されるように、本実施形態では、磁気センサ20は第1検出部21のみを有しており、第2検出部22を有していない。また、回路チップ40には上記第5実施形態のように記憶部48が備えられている。本実施形態の記憶部48には、第1差動増幅回路42の増幅率G、第1検出部21に印加される電圧Vcc、第1検出部21の温度特性k(t)が記憶されている。

40

【0106】

演算回路44は、第1差動増幅回路42から上記式4に示す信号Vaが入力されるため、記憶部48に記憶されている増幅率G、電圧Vcc、温度特性k(t)を用いて信号Vaからsinを演算する。そして、 $\cos = (1 - \sin^2)^{1/2}$ であるため、sinからcosを演算し、記憶部に記憶されている増幅率G、電圧Vcc、温度特性k(t)を用いて次式に示す演算値Vcを生成する。

【0107】

【数8】

$$V_c = G \cdot V_{cc} \cdot K(t) \cdot \cos \theta$$

そして、演算回路44は、信号 V_a を演算値 V_c で除算して正接値を演算し、正接値に対応する信号をセンサ信号として出力する。

【0108】

このように、磁気センサ20が第1検出部21のみを有する場合であっても、演算回路44で \cos を用いて演算値 V_c を演算し、 V_a を V_c で除算して正接値を演算しても、上記第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0109】

なお、ここでは磁気センサ20が第1検出部21のみを有する場合について説明したが、磁気センサ20が第2検出部22のみを有する場合についても同様である。この場合は、演算回路44に上記式5に示す信号 V_b が入力されるため、演算回路44は、入力された信号 V_b から \sin を演算すると共にこの \sin を用いた演算値と V_b とから正接値を演算するものとすればよい。

【0110】

(第9実施形態)

本発明の第9実施形態について説明する。本実施形態は、上記第1実施形態に対して、バイアス磁石30をモールド樹脂60の外側に配置したものであり、その他に関しては第1実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。図17は、本実施形態における電流センサ1の断面構成を示す図である。

【0111】

図17に示されるように、本実施形態の電流センサ1では、基板10、磁気センサ20、回路チップ40がモールド樹脂60に封止されており、バイアス磁石30がモールド樹脂60の外側に配置されている。これによれば、モールド樹脂60に封止されてなるモールドICを小型化することができる。

【0112】

(第10実施形態)

本発明の第10実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して、磁気コアを備えたものであり、その他に関しては第1実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。図18は、本実施形態における電流センサをバスバー70に取り付けたときの模式図である。

【0113】

図18に示されるように、本実施形態の電流センサ1は、バスバー70の外周を取り囲むと共に一部がギャップ80aとされており、電流磁界 B_i を集磁する磁気コア80を備えている。この磁気コア80は、鉄-ニッケル合金のパーマロイが成形、鍛造等によって形成されるものである。そして、図示しないケース等の筐体に備えられて保持されている。また、磁気コア80のギャップ80aには、図示しない筐体の搭載部が配置されており、この搭載部に磁気センサ20等がモールドされたモールドIC90が配置されている。

【0114】

これによれば、モールドIC90(磁気センサ20)には、磁気コア80で集磁された電流磁界 B_i が印加されるため、バスバー70に流れる微小な電流も検出することができ、検出感度を向上させることができる。

【0115】

なお、図18に示す電流センサ1では、モールドIC90に紙面左右方向に電流磁界 B_i が印加されるため、バイアス磁界 B_b が紙面上下方向となるようにバイアス磁石30が配置されている。

【0116】

(第11実施形態)

本発明の第11実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して、磁

10

20

30

40

50

気センサ 20 に磁気コアを備えたものであり、その他に関しては第 1 実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。図 19 は、本実施形態における磁気センサ 20 の平面図である。

【 0 1 1 7 】

図 19 に示されるように、本実施形態では、磁気センサ 20 は、磁気抵抗素子 21 a ~ 22 d が形成されている磁気抵抗素子形成領域 26 と、軟磁性薄膜等によって構成される磁気コア 27 とを有している。この磁気コアは、例えば、蒸着等によって形成されるものである。

【 0 1 1 8 】

これによれば、上記第 10 実施形態と同様に、磁気抵抗素子 21 a ~ 22 d には、磁気コア 27 で集磁された電流磁界 B_i が印加されるため、検出感度を向上させることができる。

【 0 1 1 9 】

(第 1 2 実施形態)

本発明の第 1 2 実施形態について説明する。本実施形態は、第 1 実施形態に対して、磁界発生手段を変更したものであり、その他に関しては第 1 実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。図 20 は、本実施形態における磁気抵抗素子の断面構成を示す図である。

【 0 1 2 0 】

図 20 に示されるように、本実施形態では、フリー層 25 上に、絶縁体等で構成される保護膜 28、フリー層 25 にバイアス磁界 B_b を印加する強磁性膜 29 が順に積層されて構成されている。つまり、本実施形態では、強磁性膜 29 が本発明の磁界発生手段に相当している。これによれば、バイアス磁石 30 等を備える必要がないため、基板 10 の平面方向の大きさを小さくすることができる。

【 0 1 2 1 】

なお、上記では、強磁性膜 29 によってフリー層 25 にバイアス磁界 B_b を印加する例を説明したが、強磁性膜 29 を備えずに、ピン層 23 の材料等を適宜選択してピン層 23 によってフリー層 25 にバイアス磁界 B_b が印加されるようにしてもよい。この場合は、ピン層 23 が本発明の磁界発生手段に相当する。

【 0 1 2 2 】

(他の実施形態)

上記第 1 ~ 第 7 実施形態では、第 1 検出部 21 から正弦値を含む信号を出力すると共に第 2 検出部 22 から余弦値を含む信号を出力するものを説明したが、磁気センサ 20 とバイアス磁石 30 との配置方法を変更して第 1 検出部 21 から余弦値を含む信号を出力すると共に第 2 検出部 22 から正弦値を含む信号を出力するようにしてもよい。

【 0 1 2 3 】

また、上記第 1 ~ 第 7 実施形態では、第 1、第 2 検出部 21、22 は磁気抵抗素子 21 a ~ 21 d、22 a ~ 22 d がブリッジ回路を構成するように形成されたものを説明したが、第 1、第 2 検出部 21、22 は、例えば、1 つの磁気抵抗素子 21 a、22 a のみで構成されていてもよい。同様に、上記第 8 実施形態においても、第 1 検出部 21 を 1 つの磁気抵抗素子 21 a のみで構成してもよい。

【 0 1 2 4 】

さらに、上記各実施形態では、磁気センサ 20 と共に回路チップ 40 をモールド樹脂 60 にて封止してなるものを説明したが、次のようにしてもよい。すなわち、磁気センサ 20 から出力される信号を処理する信号処理回路部を外部に備えてもよい。つまり、磁気センサ 20 から出力される信号がリード 50 を介して信号処理部に入力されるようにしてもよい。例えば、上記電流センサ 1 は、車両に取り付けられて用いられるため、車両 ECU で磁気センサ 20 から出力される信号に対して上記演算を行うようにしてもよい。この場合は、車両 ECU が本発明の信号処理部に相当する。

【 0 1 2 5 】

10

20

30

40

50

そして、上記第3、第4実施形態では、コイル31、32によってバイアス磁界Bbを生成する例について説明したが、次のようにしてもよい。すなわち、磁気センサ20内に薄膜コイルを形成することによってバイアス磁界Bbが生成されるようにしてもよい。この場合、薄膜コイルは、磁気センサ20内において、各磁気抵抗素子21a～22dの内部に形成されていてもよいし、各磁気抵抗素子21a～22dにおけるフリー層25の上部に形成されていてもよいし、各磁気抵抗素子21a～22dと異なる場所に形成されていてもよい。これによれば、上記第3、第4実施形態と比較して、モールドICを小型化することができる。

【0126】

そして、上記第5実施形態では、角度ずれ α 、 β を演算して算出する例について説明したが、例えば、角度ずれ α 、 β を目視等によって計測するようにしてもよい。10

【0127】

また、上記第5実施形態では、電流センサ1をバスバー70に組み付けた後に角度ずれ α 、 β を演算して記憶部48に角度ずれ α 、 β を書き込む方法について説明したが、次のようにしてもよい。すなわち、電流センサ1をバスバー70に組み付ける前に角度ずれ α を演算して当該角度ずれ α を記憶部48に書き込み、その後、電流センサ1をバスバー70に組み付けて角度ずれ β を演算し、当該角度ずれ β を記憶部48に書き込むようにしてもよい。

【0128】

さらに、上記第5実施形態では、角度ずれ α 、 β を補正する方法について説明したが、いずれか一方の角度ずれのみを補正するようにしてもよい。すなわち、演算回路44は、第1、第2差動增幅回路42、43から入力される信号Va、Vbを除算して角度ずれ α を含む信号tan α' を演算し、次式にtan α' および角度ずれ β を代入して演算することにより、角度ずれ α を補正した正接値(tan α)を演算することができる。20

【0129】

【数9】

$$\tan\theta = \tan\theta' \cdot \cos\alpha - \sin\alpha$$

また、演算回路44は、角度ずれを含む信号tan α' を演算し、次式に角度ずれ β を代入して演算することにより、角度ずれ α を補正した正接値(tan α)を演算することができる。30

【0130】

【数10】

$$\tan\theta = \frac{\tan\theta'}{\tan\theta' \cdot \sin\beta + \cos\beta}$$

このように、演算回路44にていずれか一方の角度ずれのみを補正するようにしてもよい。

【0131】

そして、上記第6、7実施形態では、演算回路44から第1、第2センサ信号を出力するものを説明したが、いずれか一方のセンサ信号を出力するようにしてもよい。図21は、他の実施形態における演算回路44から出力されるセンサ信号を示す図である。例えば、図21に示されるように、演算回路44において、広レンジの検出を行う磁気センサ20から入力された信号に対して所定のオフセットを付加して第1センサ信号を生成し、この第1センサ信号と第2センサ信号とを比較して第1、第2センサ信号のうちの絶対値の小さい方を出力するようにすることができる。40

【0132】

また、演算回路44からセンサ信号を次のように出力することもできる。図22は、他の実施形態における演算回路44から出力されるセンサ信号を示す図であり、(a)は車両エンジンがオフされているときのセンサ信号を示す図、(b)は車両エンジンがオンさ50

れているときのセンサ信号を示す図である。すなわち、図22は、電流センサ1が車両に搭載されているときのセンサ信号を示す図である。

【0133】

電流センサ1が車両に搭載されて車両バッテリの充放電電流を検出するのに用いられる場合には、車両エンジンがオフされているときには暗電流を検出するために高感度の検出が必要であり、車両エンジンがオンされているときは充放電電流を検出するために広レンジの検出が必要である。このため、図22に示されるように、演算回路44は、車両エンジンがオフされているときには高感度である第2センサ信号を出力するようにし、車両エンジンがオンされているときには広レンジである第1センサ信号を出力するようにしてもよい。

10

【0134】

さらに、上記第3、第4実施形態においても高感度の検出を行うことができると共に広レンジの検出を行うようにすることができる。すなわち、上記第3実施形態においてコアコイル31に流す電流を所定時に変化させたり、上記第4実施形態においてコイル32に流す電流を所定時に変化させることによって、高感度な検出を行うことができると共に広レンジの検出を行うことができるようになることができる。例えば、上記のように車両エンジンのオン、オフによって検出感度や検出レンジを変更する場合には、車両エンジンのオン、オフによってコイル31、32に流す電流を変更することにより、車両エンジンがオンされているときには広レンジの検出を行うことができるようにし、車両エンジンがオフされているときには高感度の検出を行うことができるようにすることができる。なお、本発明の所定時とは、例えば、車両エンジンのオン、オフの切り替えのタイミングのことである。

20

【0135】

また、上記各実施形態を適宜組み合わせてもよい。例えば、上記第6、第7実施形態において、バイアス磁石30を上記第2実施形態のようにコの字状としてもよいし、バイアス磁石30を上記第3実施形態のようにコイル31に変更してもよい。さらに、上記第8実施形態において、上記第2～第4実施形態のようにバイアス磁石30を変更してもよい。

【符号の説明】

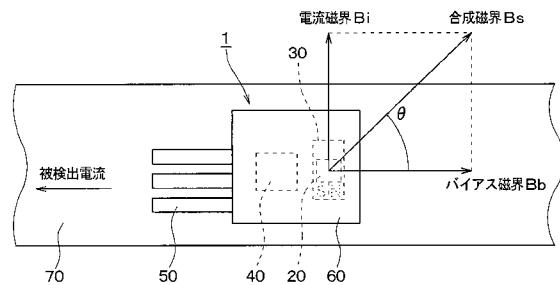
【0136】

30

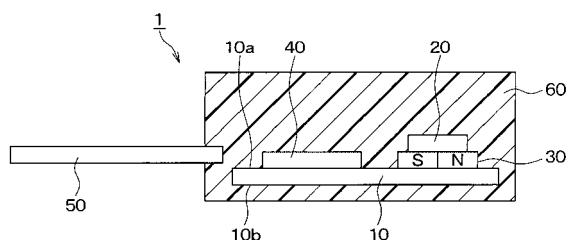
1 0	基板
2 0	磁気センサ
2 1	第1検出部
2 1 a ~ 2 1 d	磁気抵抗素子
2 2	第2検出部
2 2 a ~ 2 2 d	磁気抵抗素子
3 0	バイアス磁石
4 0	回路チップ
4 4	演算回路
5 0	リード
6 0	モールド樹脂

40

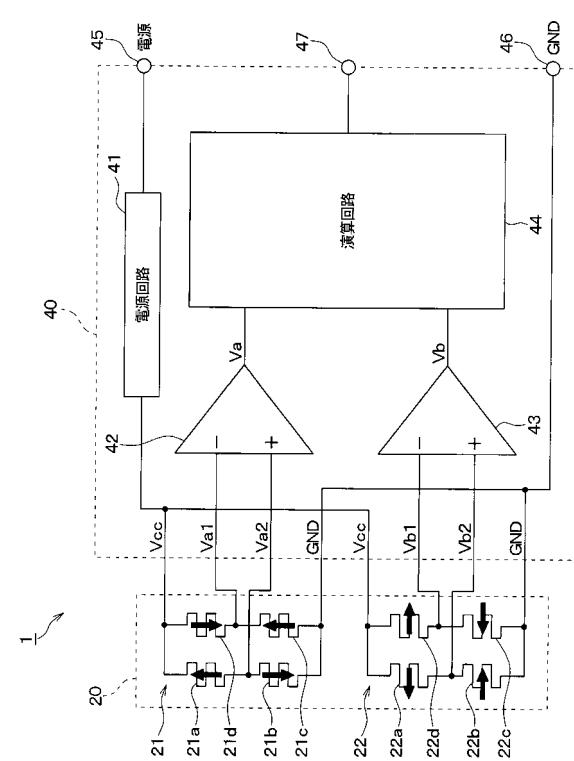
【図1】



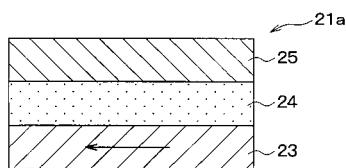
【図2】



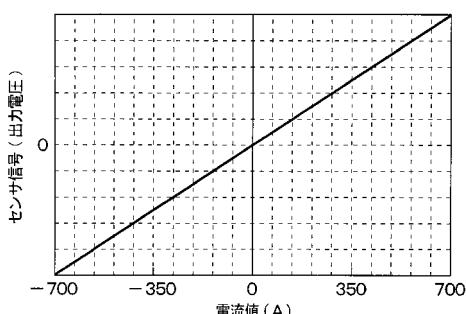
【図3】



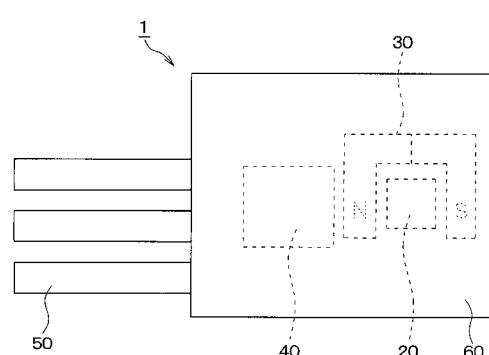
【図4】



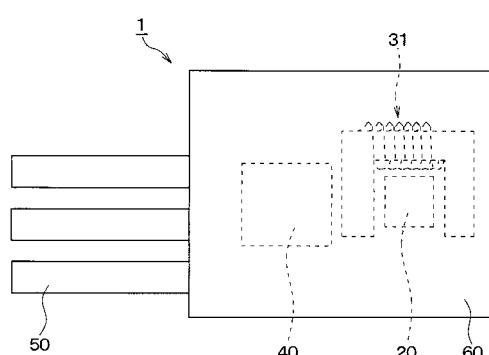
【図5】



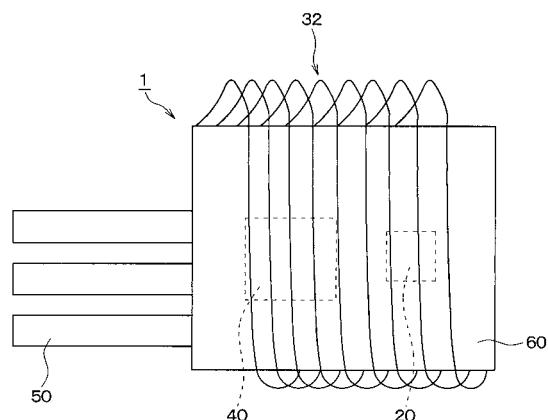
【図6】



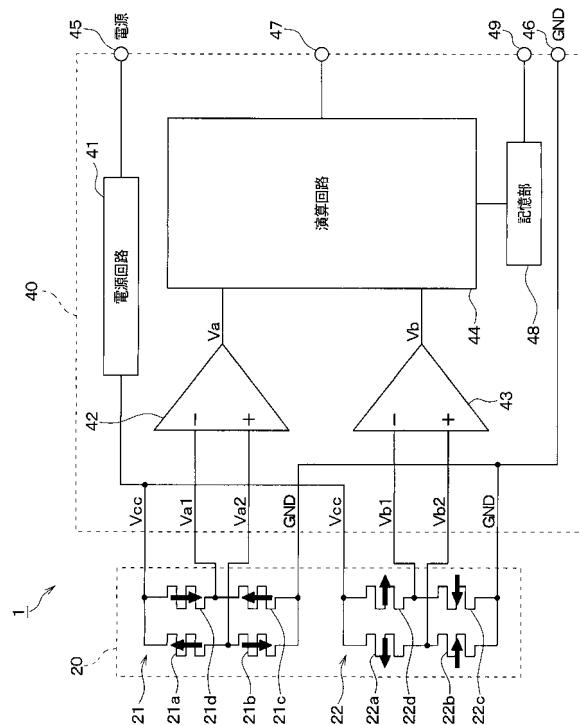
【図7】



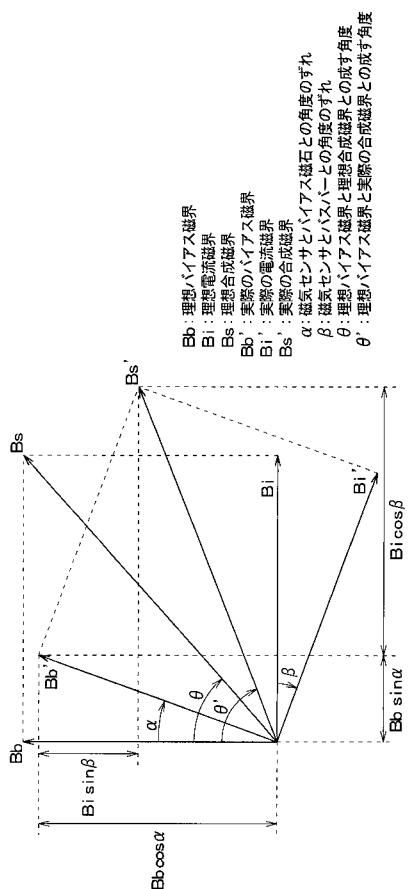
【図 8】



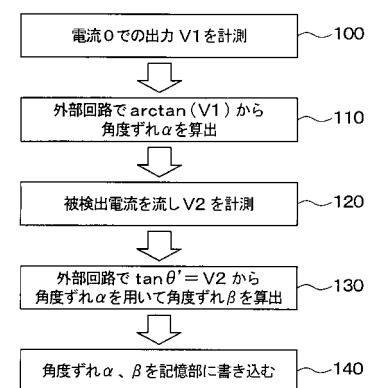
【図 9】



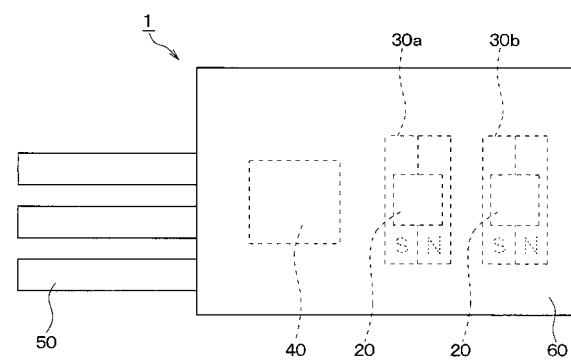
【図 10】



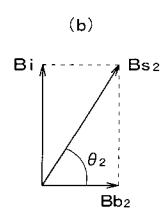
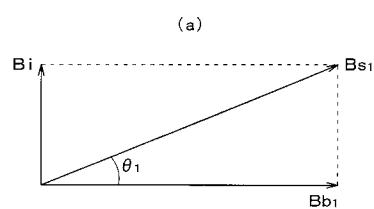
【図 11】



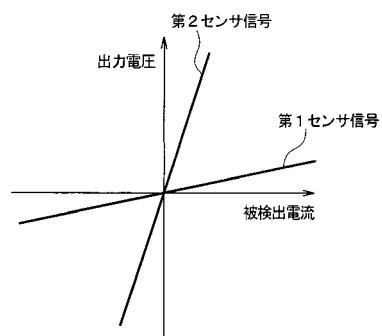
【図 12】



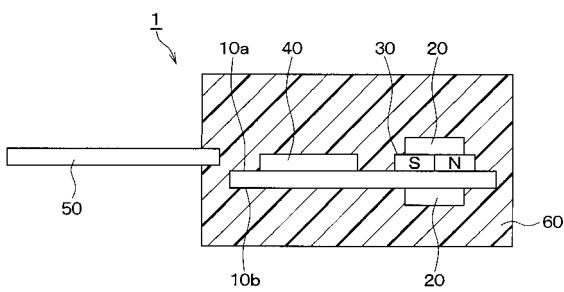
【図13】



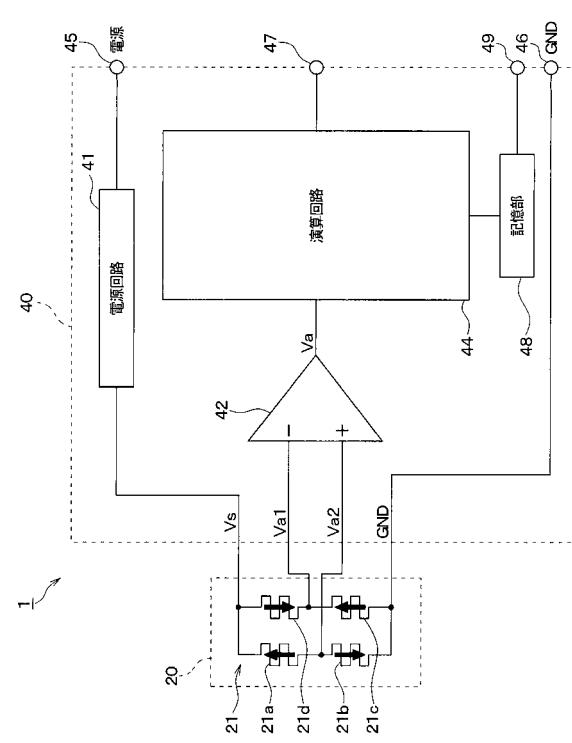
【図14】



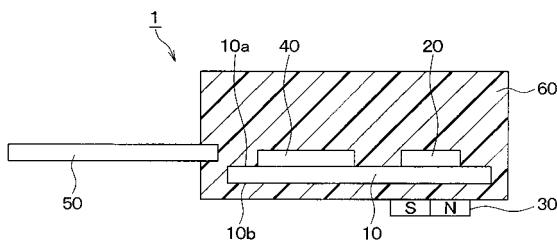
【図15】



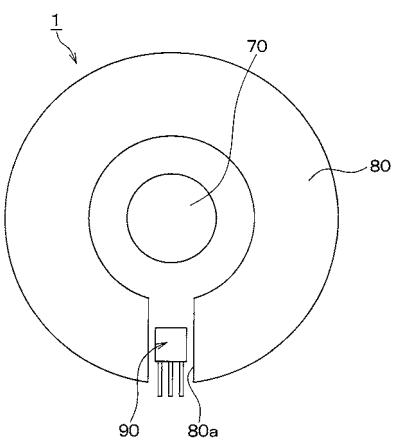
【図16】



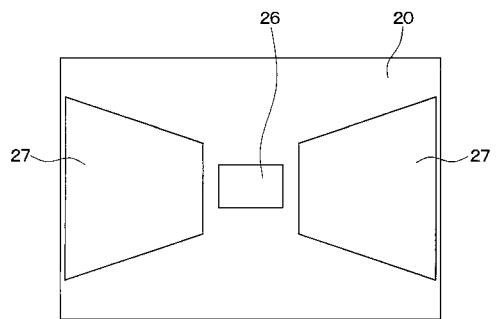
【図17】



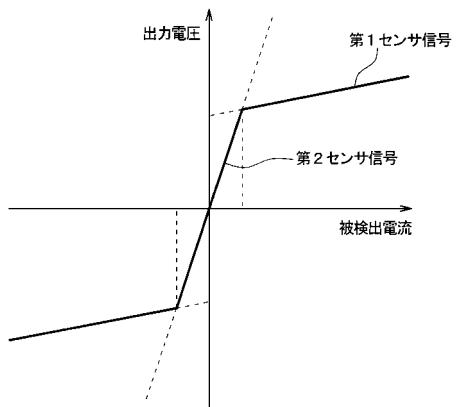
【図18】



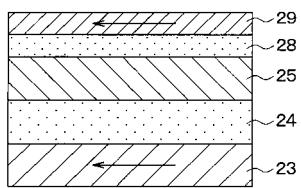
【図19】



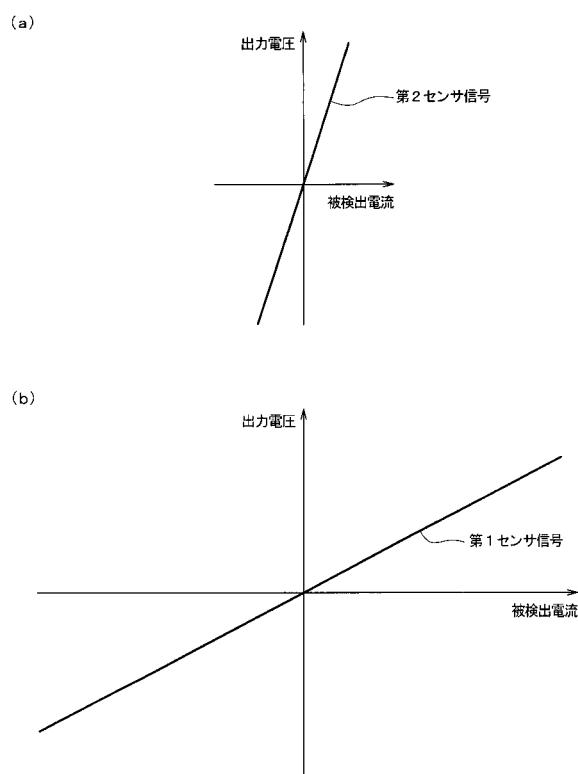
【図21】



【図20】



【図22】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-089931(JP, A)
特開2008-134215(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01R 15/20